البيئة النباتية والتطبيقية

تأليف

الدكتور : عبد الفتاح بدر

الطبعـــــة الأولى

١٤٢٨هـ- ٢٠٠٧م



(ح) دار الأندلس للنشر والتوزيع ، ١٤٢٨هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

بدر ، عبد الفتاح بدر محمد

البيئة النباتية والتطبيقية ./ عبد الفتاح بدر محمد بدر

حائل ، ١٤٢٨هـ

٤١١ ص ؛ ١٧× ٢٤سم

ردمك : ٩٩٦٠-٩٨١٨-٦-x

١- البيئة النباتية أ. العنوان

ديوي ٥٨١,٥ ١٤٢٨/٥٦٥

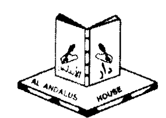
رقم الإيداع : ١٤٢٨/٥٦٥

ردمك : ٩٩٦٠-٩٨١٨-٦-x

الطبعة الأولى ١٤٢٨هـ-٢٠٠٧م

تم الإخراج الفني للكتاب و تصميم الغلاف

بدار الأندلس للنشر والتوزيع بحائل



دار الأندلس للنشر والتوزيع

المملكة العربية السعودية — حائل ت الإدارة ٥٣٢٥٦٤٥ فاكس ٥٣٢٥٦٤١ ، ٥٣١٩٥٥٩ ص ب ٢٠١٧ المكتبة الرئيسية

حي المطار شارع صقر قريش : ت ٥٣٣٣٣٤١ / ٥٣٢٦٦٦١ فرع دوار الساعة ت ٥٣٣٣٧٠٠ جـدة ت: ٠٢٦٨٩٣٨٠٠

إهـــداء

إلى حـفيـــدتـي رنـــا

الزهرة الجديدة في بستان حياتي

أنبتهـــا الله نباتـــا حسنـــا

و أقـــر بهـــا عيني والديهـــا

حنان و عمرو

تقديم

بقلم الدكتورة : وفاء محمد الغانم، أستاذ علم البيئة النباتية المساعد ورئيس قسم النبات بكلية التربية/ الأقسام العلمية بالرياض

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على محمد الرسول الأمين وعلى آله وصحبه ومن اتبع سنته واهتدى بهداه إلى يوم الدين.

وبعد

فقد استدعت التطورات الهائلة والمتسارعة في حياة الإنسان ضرورة تناول علوم البيئة وعلاقتها بالحياة من واقع معطيات جديدة فرضتها التقنيات البديلة التي إستحدثها الإنسان للمساهمة في تقنين وتيرة معيشته، كما استدعت إيجاد رؤى بيئية جديدة تناسب مقتضيات الفكر المعرفي الجديد، فعلى الرغم من وجود كم من المراجع والكتب والبحوث التي تناولت هذا العلم الحيوي المهم في حياة البشرية إلا أنه لا زالت هناك ضرورات تتطلب المزيد من البحوث والتنقيب لمواكبة الخطوات المتسارعة لتقدم العلوم البيولوجية وبصفة خاصة علم البيئة.

وفي هذا الكتاب - الذي أعتقد أنه سيكون إضافة حقيقية للمكتبة البيئية - بذل الأستاذ الدكتور/عبدالفتاح بدر محمد بدر جهداً مقدَّراً في تناوله موضوع البيئة النباتية، واستعرض مادته بصورة سلسة خلت من التعقيدات مع غزارة لاتخطئ متناوله من المادة العلمية، كما تناول بالتفصيل موضوعات علم البيئة التطبيقية المعاصرة، فقد غطّى الكتاب الذي جاء في تمهيد وأربعة أبواب كل شاردة وواردة في مجال علوم البيئة، إستعرض المؤلف محتوياتها بصورة تدعو إلى الإعجاب؛ فقد تناول الكتاب في تمهيد موجز بعض المفاهيم الأساسية لعلوم البيئة، وفي الباب الأول النظم البيئية

والأقاليم النباتية، وتناول في الباب الثاني بيئة المجتمعات والجماعات النباتية، وفي الباب الثالث تناول الكتاب العوامل البيئية وأثرها على النبات، أما في الباب الرابع فقد تناول الكتاب موضوعات علم البيئة التطبيقية ذات الإرتباط الوثيق بالحياة المعاصرة. لذلك أكاد أجزم أن معلومات الكتاب العلمية التي جمعها المؤلف بعناية كبيرة ستسبر أغوار كل متعامل مع هذا العلم المهم من الطلاب والأساتذة، بل أن موضوعات البيئة المعاصرة كما تناولها الكتاب تقدم للقارئ غير المتخصص مصدراً وثيقا عن قضايا البيئة العامة في الحاضر والمستقبل .

وباطلاع سريع وموجز على نبذة عن الدكتور عبدالفتاح بدر تزول دهشتنا لفرط خبرته الطويلة التي تجلت عند عرضه للموضوعات التي تبنّاها خلال طرحه هذا الكتاب؛ فالدكتور بدر يعمل أستاذاً بكلية العلوم جامعة طنطا بجمهورية مصر العربية منذ عام ١٩٨٦م، وشارك في أكثر من ٣٠ مؤتمراً علمياً في مصر وعدد من الدول الأخرى، كما أن له أكثر من ٨٠ بحثاً منشوراً في مجال الوراثة وتصنيف النبات، وله عدة مؤلفات جامعية في مجالات الخلية والوراثة وتصنيف النبات، كما أنه حاصل على جائزة الدولة التشجيعية في العلوم البيولوجية عام ١٩٩٦م في جمهورية مصر العربية. وقد قضى بعضاً من سنوات عمره في جامعات بريطانيا وألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية، وسبق له العمل بجامعة الملك عبدالعزيز فرع المدينة - جامعة طيبة الآن - وهو يعمل بكليات المعلمين بالمملكة العربية السعودية منذ ٢٠٠٢م. وبصورة عامة يمكن القول أن الكتاب الذي بين أيدينا الآن يعدَ كتاباً متناسقاً من حيث المنهج، فخماً من حيث التنظيم، غزيراً ووافياً من حيث مادته العلمية.

دكتورة : وفاء محمد الغانم

مقدمة المؤلف

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين وخاتم النبيين سيدنا محمد الرسول الأمين وعلى آله وصحبه ومن سن بسنته واهتدى بهداه إلى يوم الدين. **وبعــد**

فإن علم البيئة يعتبر من أهم علوم الحياة الأساسية، ويعنـــي هــذا العلــم المتطور باستمرار بدراسة الكائنات الحية في بيئاتها الطبيعية وتفاعلها مع العوامل الفيزيائية والعضوية والحيوية في الوسط البيئي التي تعيش فيه، كما يعني بحماية البيئة والحفاظ علي الموارد الطبيعية بها. ورغم التقدم العلمي الذي أتـــاح طـــرق حديثة لاستغلال الموارد الطبيعية التي حبي بها الله كوكب الأرض فإن الإنسان لا يستخدم في حياته إلا النزر اليسير من هذه الموارد، ولما كانت الدراســـات التـــي تتناول الموارد الطبيعية وسبل استخدامها تقع على عاتق علم البيئة فإن الأمر يحتم على المتخصصين في مجال البيئة الاهتمام بهذه الموارد من أجل تطـــوير ســـبل وتقنيات جديدة لإنمائها بما يساعد على التنمية المستدامة التي تهدف إلي رفاهيـــة الإنسان والحفاظ علي موارد الطبيعة للأجيال التالية.

من هذا المنطلق فإن دراسة علم البيئة صارت من الموضوعات الرئيسة التي اهتمت بها الجامعات ومعاهد العلم منذ أوائل القرن العشرين، ودراسة بيئـــة النبات من أهم المقررات التي تحرص الجامعات على تدريـــسها لطـــلاب علـــوم الحياة، فالنباتات هي مصدر الإنتاج البيولوجي للأرض الذي يعتمد بدوره علـــى الوسط البيئي الذي تعيش فيه، كما أن مجالات علم البيئة تتسع يوما بعد يوم مـــع تزايد الاهتمام بعلم البيئة، فاهتمام الإنسان بقضايا البيئة المعاصرة مثـــل التلـــوث والتصحر والتنوع الحيوي وتغيرات المناخ من الموضوعات المتنامية لعلم البيئة، إلا أن دارسو علم البيئة في الجامعات العربية يعانون من قلة المؤلفـــات باللغـــة العربية في هذا المجال كغيره من مجالات العلوم الطبيعية.

ولما كان تعريب العلوم من القضايا الأساسية للحفاظ علي هوية الأمـــة العربية وتأصيل العلم بين أبنائها فإن دور أساتذة العلوم المبادرة بوضع مؤلفات في مجالات تخصصهم، ففي هذا العصر يجب أن نقدم العلم والمعرفـــة بلغتنـــا العربية العريقة ليسهل على الطلاب والدارسين العرب استيعاب العلم الحـــديث وتسخيره لخدمة المجتمع العربي. ولما كان وضع مؤلف حديث في علم البيئـــة يعد من الضرورات الملحـــة في الوقت الراهن، رأينا أن نقدم لطـــلاب علـــوم الحياة هذا المؤلف عن علم البيئة النباتية العام وموضوعات البيئـــة التطبيقيـــة،

وحرصنا أن يغطي الموضوعات الأساسية لهذا العلم الهام، كما حرصنا أن نضمنه أيضا كثير من الجوانب التطبيقية لعلم البيئة المعاصر التي تعني بالحفاظ علي موارد البيئة وسبل إنمائها وهي قضايا علم البيئة المعاصر.

يشتمل الكتاب على أربعة أبواب يسبقها تمهيد عن أهم المبادئ والمفاهيم العامة لعلم البيئة تشمل تعريف بالمفاهيم والتعريفات الأساسية لعلم البيئة ومجالاته وأقسامه ومكانته بين العلوم الأخري وكذلك تعريف بمفاهيم الوسط البيئي والمجتمعات والجماعات النباتية وموضوعات علم البيئة التطبيقية المعاصرة. انتقلنا بعد ذلك إلي تناول الموضوعات الأساسية لعلم البيئة النباتية في ثلاث أبواب هي: النظم البيئية والأقاليم الجغرافية النباتية في الباب الأول، وبيئة المجتمعات والجماعات النباتية في الباب الثاني، والعوامل البيئية وأثرها على النبات في الباب الثالث. ونظراً للإهتمام المتزايد بقضايا البيئة التطبيقية المعاصرة فقد خصصنا الباب الرابع لتناول هذه الموضوعات.

في الباب الأول عرضنا تركيب النظام البيئي والمستويات الغذائية ومسارات الطاقة به، وإنتاجية النظم البيئية وأمثلة منها، ثم عرضنا وصفاً موجزاً للأقاليم الجغرافية النباتية في العالم وفي الوطن العربي. وفي الباب الثاني تناولنا المجتمعات النباتية من حيث خصائصها وطرق دراستها وتغيراتها وبصفة خاصة التعاقب وأنواعه ومراحله، ثم أوجزنا المبادئ الأساسية لبيئة الجماعات النباتية. وفي الباب الثالث تناولنا بالتفصيل العوامل البيئية التي تؤثر على النبات في الوسط البيئي، وهي عوامل المناخ والتربة والتضاريس والعوامل الأحيائية وسبل تأقلم النباتات مع ظروف البيئية. وفي الباب الرابع تناولنا القضايا التطبيقية لعلم البيئية والتي أجملناها في صور استنزاف الموارد البيئية وطرق حمايتها، والتنوع الحيوي والمحميات الطبيعية، ثم عرضنا إلي بعض المشكلات البيئية المعاصرة كالتصحر وتلوث البيئة والاحتباس الحراري وسبل التغلب على هذه المشكلات.

ولا أزعم أنني بلغت الكمال في وضع هذا المؤلف وحسبي أنني بذلت فيه قصاري جهدي بما لدي من خبرة وما توفر لي من مراجع ليكون بسيط العرض سهل الفهم راجيا أن ينفع الله به أبناء العروبة، وحسبي حديث رسولنا الكريم صلى الله عليه وسلم "**إذا مات ابن آدم انقطع عمله إلا من ثلاث: صدقة جارية وعلم ينتفع به وولد صالح يدعو له**، آملا أن يكون هذا الجهد إضافة مفيدة لجهود زملاء سبقوني إلي وضع مؤلفات في مجال علوم البيئة وحافزاً لزملائنا في وضع مؤلفات في العلوم الطبيعية والهندسية والطبية لإثراء المكتبة العربية في مجال العلوم المعاصرة، وحسبي شرف الاشتراك في دعم

وتدريس العلوم باللغة العربية حتى تكون أكثر يسراً للطلاب في كليات التربية والعلوم والزراعة وكليات ومعاهد إعداد المعلمين في الوطن العربي.

ولا يسعنى إلا حمد الله الذى وفقنى إلى إعداد هذا الكتاب وإخراجه، وأذكر بالشكر والتقدير كل من قدم لي العون، وأخص بالثناء الدكتورة وفاء محمد الغانم أستاذ علم البيئة النباتية المساعد ورئيس قسم النبات بكلية التربية / الأقسام العلمية بالرياض لتفضلها بكتابة تقديم موجز عن الكتاب، والأستاذ الدكتور لطفي محسن حسن أستاذ البيئة والفلورا بجامعة حلوان في القاهرة وكلية المعلمين في حائل والدكتور السيد عبداللطيف فودة أستاذ فسيولوجيا النبات المشارك بجامعة طنطا وكلية المعلمين فى حائل لمراجعة بروفة الكتاب قبل الطبع، والدكتور الطيب حياتي أستاذ البيئة المشارك بكلية التربية بجامعة الخرطوم وكلية المعلمين فى الدمام لملاحظاته المفيدة علي موضوعات الكتاب، كما أذكر بكل الاعتزاز والتقدير معاونة زوجتى الدكتورة هناء حجازى الشاذلي أستاذ الخلية والوراثة المشارك بجامعة عين شمس بالقاهرة وكلية التربية للبنات / الأقسام العلمية فى بريدة بالسعودية لملاحظاتها المفيدة على موضوعات ومتن الكتاب. وأخيرا وليس آخرا يطيب لي أن أتقدم بالشكر والتقدير للأستاذ سالم صالح الملق مدير دار الأندلس للنشر والتوزيع فى حائل لتشجيعه تأليف هذا الكتاب وتولى طباعته ونشره مع تقديرى الخاص لدوره فى نشر الكتب العلمية باللغة العربية بما يثرى تعريب العلوم ويساهم فى نهضة الأمة العربية، كما أشكر الدكتور ناجي حسن فارس الأستاذ بجامعة عين شمس وكلية المعلمين في حائل والأستاذ طارق محمد حامد خليل بقسم الإخراج الفنى للكمبيوتر بدار الأندلس للنشر والتوزيع فى حائل لمعاونتهما فى نسخ بعض الأشكال الإيضاحية.

أستاذ دكتور عبدالفتاح بدر

حائل فى ١٥ يناير ٢٠٠٧

abdelfattahbadr@yahoo.com

مفاهيم و تعريفات أساسية

في علم البيئة

مفاهيم أساسية في علم البيئة

حول تعريف علم البيئة

ليس لعلم البيئة جذور تاريخية تعود إلي عصور الحضارات القديمة كالإغريقية أو الرومانية أو العربية الإسلامية، إذ تعود جذوره إلي النصف الثاني من القرن التاسع عشر، حين استخدم العالم الألماني إرنست هايكل Ernst Haekel كلمة إيكولوجي Ökologie (Ecology) لتعني علم البيئة لأول مرة سنة ١٨٦٩، وكلمة إيكولوجي لفظ لاتيني مشتق من كلمتين هما Oikos وتعني سكن أومسكن وLagos وتعني علم أو دراسة، ومن ثم يمكن القول أن لفظ الإيكولوجي يعني دراسة الوسط الذي تعيش فيه الكائنات الحية، وبرغم ذلك فإن علم البيئة لم يصبح علماً قائماً بذاته وله أساتذته ونظرياته إلا في بداية القرن العشرين حيث توافر رصيد علمي من المعلومات البيئية ساعد على إجراء الدراسات وفرض النظريات البيئية.

يعني علم البيئة بدراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية وبعضها البعض والعلاقات المتبادلة بينها وبين عوامل الوسط البيئي الذي تعيش فيه، وتضم عوامل الوسط البيئي عوامل فيزيائية Physical منها عوامل التربة مثل بنائها وقوامها وحجم حبيباتها وتماسكها، وعوامل المناخ مثل وفرة الماء ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية وشدة الضوء والرياح، كما تضم عوامل عضوية Organic مثل وفرة الغذاء والمركبات العضوية بالتربة وعوامل أحيائية Biotic تتعلق بالكائنات النباتية والحيوانية والميكروبية في الوسط البيئي وعلاقاتها المتبادلة.

والآن لم تعد الدراسات البيئية تسترعي انتباه علماء البيئة أو أولئك الذين تستهويهم البيئة فقط، بل شاع استخدام كلمة البيئة في الصحف والمجلات غير المتخصصة لأن كثيراً من المشكلات التي تواجه العالم اليوم مثل التلوث Pollution،

والاستخدام غير الرشيد للمصادر الطبيعية Natural resources بما يسفر عنه تدهور إهدار التنوع الحيوي في كثير من مناطق العالم، تضمها العلوم البيئية التي صارت تسمي Environmental sciences، والتي تعني بدور الإنسان في البيئة من حيث أثره وتأثره بالكائنات الحية التي تعيش علي الأرض وعوامل الوسط البيئي الذي تعيش فيها تلك الكائنات، و لم تعد دراسات علم البيئة أكاديمية بحتة بل صارت تتناول قضايا تطبيقية تتعلق بقضايا معاصرة مثل حماية الموارد البيئية من خطر الإستتراف والتصحر والتلوث، والحفاظ علي التنوع الحيوي Biodiversity للأنواع والبيئات (الموائل) Habitats والجينات Genes، ومن ثم صارت الدراية بأساسيات العلوم البيئية ضرورة لكل إنسان في الوقت الراهن.

مجالات علم البيئة

يمكن تحديد مجالات علم البيئة بالنسبة للدراسات البيولوجية مجتمعة بتعريف المستويات المختلفة التي تتضمنها الدراسات البيولوجية التي تكوّن ما يسمى بالطيف البيولوجي Biological spectrum، **والتي يمكن تقسيمها كما يلي:-**

١- دراسات على مستوى الجزيء والمركبات العضوية الحيوية ويضمها علم البيولوجيا الجزيئية Molecùlar biology.

٢- دراسات على مستوى الخلية يضمها علم الخلية Cytology الذي لم يعد يشمل تركيب الخلية وعضياتها فقط كما في النصف الأول من القرن العشرين بل يشمل أيضا وظائف مكونات الخلية والعلاقة بين التركيب والوظيفة ويسمي اليوم علم بيولوجيا الخلية Cell biology.

٣- دراسات على مستوى تركيب ووظيفة الأنسجة والأعضاء التي يتكون منـــها جسم الكائنات الحية ويـــضمها علـــم وظـــائف الأعـــضاء (الفـــسيولوجيا) Physiology وعلم الأنسجة Histology.

٤- دراسات على مستوى الفرد وعلاقته بعوامل البيئة المختلفة في التربـــة والمنـــاخ وتضمها دراسات علم البيئة الفردية أو الذاتية Autoecology.

٥- دراسات على مستوى التجمع أو الجماعة Population لأفراد من نفس النوع أو من أنواع متقاربة ويضمها علم بيئة الجماعات Population ecology.

٦- دراسات على مستوى المجتمع Community وتتم علي العلاقات المتبادلة بـــين الكائنات الحية التي تعيش سوياً فيما يسمي البيئة الاجتماعية Synecology.

٧- دراسات عن كل الكائنات الحية والعوامل التي تتحكم في وجودها وانتشارها وهي ما تعرف بالنظام البيئي Ecosystem or Ecological system.

٨- دراسات عن المحيط الحيوي (البايوسفير) Biosphere وهي دراسة الجزء، الذي تعيش فيه الكائنات الحية، من سطح الأرض والغلاف الجوي المحيط به.

والدراسات على المستويات الخمسة الأخيرة من الطيف البيولـــوجي هـــي مجالات علم البيئة المعاصر، وتبدأ من النوع حتي المحيط الحيوي (**شكل ١**).

جزيئات --- عضيات --- خلايا --- أنسجة --- أعضاء --- أجهزة

Systems ------ Organs ------- Tissues ----- Cells ----- Organelles --- Molecules

مجالات علم البيئة

محيط حيوي-- نظام بيئي --- مجتمع ------ جماعة ----- نوع

Species --- Population ---- Community ---- Ecosystem --- Biosphere

شكل ١: رسم تبسيطي يبين مجالات علم البيئة في الطيف البيولوجي.

مكانة علم البيئة بين العلوم الأخري

من المعروف أن علم البيئة هو أحد الأقسام الرئيسية لعلوم الحياة والتي تتعلق بمختلف الكائنات الحية دون النظر إلي وضعها التصنيفي، فهي لا تختص بمجموعة واحدة من الكائنات، مثله في ذلك كعلوم أساسية هامة منها الوراثة Genetics ووظائف الأعضاء Physiology والشكل الظاهري Morphology، بينما تختص علوم أخري بدراسة مجموعة تصنيفية خاصة مثل علم النبات Botany وعلم الحيوان Zoology وعلم الطحالب Phycology (Algae) وعلم الفطريات Mycology (Fungi) وعلم البكتريا Bacteriology وعلم الفيروسات Virology. وتجري الدراسات البيئية علي كل الكائنات الحية، إلا أن كل مجموعة تصنيفية تحتاج في دراستها البيئية إلي وسائل وطرق وإمكانيات مختلفة، ولذلك فإن علم البيئة قد يهتم بدراسة بيئة إحدى المجموعات التصنيفية من الكائنات الحية، إلا أن النباتات والحيوانات قد تطورت لهما دراسات بيئية مختصة بكل منهما فالنباتات يختص بدراستها علم البيئة النباتية Plant ecology والحيوانات يختص بدراستها علم بيئة الحيوان Animal ecology، إلا أن الأسس العامة التي يقوم عليها علم البيئة لا تختلف كثيراً عند دراسة النباتات أو الحيوانات، ورغم أن الدراسات البيئية تقسَّم طبقاً لطبيعة الكائنات التي تجرى عليها، فإن الاتجاه الحديث هو دراسة بيئة الكائنات الحية مجتمعة، وقد أصبحت أكثر شمولاً إذ تتضمن كل ما هو حي وغير حي في منطقة ما، أي دراسة ما يسمى بالنظم البيئية Ecosystems.

والدارس لعلم البيئة لابد وأن يلم بالعديد من مجالات المعرفة تمده بها علوم الحياة الأخري، مثل علم وظائف الأعضاء والوراثة والخلية والتصنيف... الخ. فالباحث البيئي مثلاً يهتم بسلوك الكائنات الحية وتوزيعها في أماكن معيشتها، إلا أنه يجب أن يهتمْ أيضاً – وإن كان بدرجة أقل – بالعوامل الوراثية التي يتسبب عنها

تباين في الشكل والتوزيع لجنس أو نوع ما من الكائنات الحية، وبالطبع فإن الاهتمام بمعرفة الوسط الخارجي الذي يحيط بالفرد وتأثيره عليه – وهو ما تتناوله الدراسات البيئية – قد ينتج عنه الحصول على معلومات عما يجري داخل أعضاء الفرد وأنسجته وخلاياه، وهي مجالات علوم أخري من علوم الحياة.

وفضلا عن علاقة الدراسات البيئية الوثيقة بعلوم الحياة الأخري فإن علم البيئة في وقتنا الحاضر يستند أيضا إلي نظريات ومبادئ مستمدة من بعض العلوم الطبيعية غير البيولوجية، فالتقدم في مجال الكيمياء والفيزياء والرياضيات يمد الدراسات البيئية بتقنيات ذات أثر كبير في تطوير أفكار مبتكرة واستنباط نظريات جديدة، وأيضاً فإن علوم المناخ والجيولوجيا ذات علاقة وثيقة بالدراسات البيئية، وعلى الباحث في علم البيئة أن يكون ملماً بأساسيات هذه العلوم لما لها من أثر على الكائنات الحية، وفضلاً عن ذلك فإن التقدم المتسارع في علوم حديثة مثل البيولوجيا الجزيئية والحاسبات والمعلومات قد أفرز طرقاً جديدة وساهم في تطوير أفكار مبتكرة للدراسات البيئية الحديثة.

أقسام علم البيئة

بالنظر إلي مجالات علم البيئة نجد أن الدراسات البيئية تصنف في الغالب **إلي خمسة أقسام رئيسية هي:–**

١– بيئة النوع Species ecology أو البيئة الذاتية Autoecology

٢– بيئة التجمع أو الجماعة Population ecology (Synecology)

٣– بيئة العشيرة أو المجتمع Community ecology

٤– بيئة النظام البيئي Ecosystem ecology

٥– بيئة المحيط الحيوي Biosphere ecology

تتناول الدراسات على مستوى الفرد دراسة البيئة الذاتية لأفراد نوع واحد من الكائنات الحية Individual organism، حيث يتركز الاهتمام عادة بسلوك الفرد وتاريخ حياته وسبل تأقلمه مع البيئة التي يعيش فيها، في حين تتركز الدراسات على مستوى تجمع الأفراد من نفس النوع Groups of individuals على مجمل الأفراد في الجماعة والتغيرات التي تطرأ عليها، أما دراسة البيئة الاجتماعية فتتناول كائنات مختلفة تضم عدداً من الأنواع تتعايش معاً في مجتمعات أو عشائر Communities، وعند هذا المستوى يمكن اعتبار المجتمع جنباً إلي جنب مع الظروف الطبيعية التي يعيش بها أو مع الوسط البيئي (الموئل) Habitat الذي يعيش فيه وحدة تفاعل Interaction unit مستقلة تعرف بالنظام البيئي Ecosystem وهو يمثل التجمعات من الكائنات الحية التي تحتل مساحة أو منطقة ما تحت الظروف البيئية السائدة، ويعمل المجتمع الأحيائي Biotic community مع الوسط البيئي غير الحي Abiotic environment معاً كنظام بيئي، أما النظام البيولوجي الأكبر المسمي بالمحيط الحيوي Biosphere فيشمل كل الكائنات الحية على كوكب الأرض وتفاعلها مع عوامل الوسط الطبيعي Physical environment بحيث يبقى هذا النظام في حالة ثبات. إلا أن بعض الآراء تري أن الدراسات البيئية يمكن اعتبارها مستويين يتناول أحدهما البيئة االفردية للأنواع والآخر بيئة الجماعات والمجتمعات:-

١- البيئة الفردية Auto-ecology وتعني بتناول علاقة نوع واحد من الكائنات الحية مع عوامل البيئة المختلفة.

٢- بيئة الجماعات والمجتمعات Synecology وتعني بتناول دراسة تفاعلات الجماعة أو العشيرة التي تتعايش مع بعضها البعض في مجال بيئي مع عوامل الوسط البيئي الذي تعيش فيه، وقد يكون المجال البيئي الذي تحيا فيه الجماعة

سوياً في مكان صغير محدود وقد يكون أكثر اتساعاً ليشمل أحد الأقاليم البيئية الأحيائية Biome في الصحاري أو الغابات أو البحيرات.

كما يتم أيضا تقسيم الدراسات البيئية إلي **نوعين من الدراسات هما:-**

١- علم البيئة الوظيفي Functional ecology ويعني بتناول الجماعات والعشائر، كما يتناول موضوعات تتعلق بسلوك الأنواع في المجتمع وعلاقاتها بالأنواع الأخري من حيث التنافس والتطفل والافتراس.

٢- علم البيئة التاريخي Historical ecology ويعني بتناول أصول الجماعات والعشائر من حيث توزيع الأنواع بها ونشوء أنواع جديدة فيها وانقراض أنواع منها.

وتجرى الدراسات البيئية طبقاً لوجهات نظر مختلفة يُكمل بعضها بعضاً، فمنها الدراسة الاستاتية Static (أي دراسة ما هو موجود كتركيب العشيرة أو النظام البيئي) ومنها الدراسة الدينامية Dynamic (أي دراسة التعاقب أو التغير في المجتمع والنظام البيئي) ومنها الدراسة التطورية Developmental (أي دراسة ظهور واختفاء أنواع جديدة في المجتمع والنظام البيئي).

الوسط البيئي

في مجال الدراسات البيئية، يعني الوسطُ البيئي Habitat مجموعة الظروف التي يعيش فيها الفرد أو الجماعة أو المجتمع، وكلمة Habitat كلمة لاتينية تعني المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي وفي بعض المراجع تسمي الموئل، وفي الدراسات البيئية الحديثة تستعمل كلمة Environment أيضا لتعني وسط بيئي. وعند دراسة أثر الظروف التي تؤثر على الكائنات الحية، من الضروري التمييز بين الوسط البيئي للعشيرة أو المجتمع وبين الوسط الخاص بأفراد تعيش داخل العشيرة، فمن المؤكد أن

الظروف التي تعيش فيها شجرة كبيرة تختلف عن تلك التي يعيش فيها سرخس صغير ينمو على قلف تلك الشجرة على الرغم من أن كلا منهما يشارك الآخر بعض الظروف كالمناخ العام.

ولكل مجتمع مدى خاص من الوسط البيئي الذي يمكن أن يعيش فيه وقد يكون ذلك المدى كبيراً أو صغيراً؛ فهناك بعض الأنواع التي تستطيع الحياة في ظروف بيئية متباينة من المناخ في مناطق متفرقة من العالم في حين توجد أنواع أخرى لا تقدر على النمو إلا في منطقة معينة تتوافر بها ظروف بيئية خاصة. ولا يعني ذلك أن الأنواع التي تنمو في منطقة معينة في ظروف خاصة يقتصر وجودها على هذه المنطقة ؛ فقد تكون حديثة الهجرة في وسط بيئي آخر أو قد تكون في مرحلة توسيع لوسطها البيئي، وبصفة عامة فإن كل الأنواع دائمة العمل على زيادة مدى الوسط البيئي الذي تعيش فيه ويعتمد ذلك على الوقت الذي قضاه النوع في المكان الذي ينمو فيه، وبالطبع فإن زيادة إنتشار نوع ما -- أي توسيع وسطه البيئي - قد تحددها عوامل كثيرة كوجود المحيطات أو الجبال أو الصحاري، أو وجود عشيرة نباتية مجاورة تنتشر إلي الخارج، ومع ذلك فإن بعض النباتات إذا نقلت عبر هذه المواقع إلي منطقة مناسبة فإنها تتمكن من تثبيت نفسها في هذا المكان وتتكاثر به، وذلك قد يحدث عند نقل النباتات من منطقة إلي أخرى.كأن تنقل النباتات من أوروبا إلي أمريكا الشمالية أو أستراليا أو نيوزيلاندا أو من غابات العالم القديم إلي غابات العالم الجديد، وفي الطبيعة فإن النباتات ذات القدرة العالية على استعمار مناطق جديدة غالباً ما تتميز بسرعة النمو وإنتاج بذور سهلة الانتشار بوساطة الرياح في زمن قصير، كما في حالة الحشائش على سبيل المثال.

ومن المهم أن نعلم أنه لا يمكن فهم طبيعة الكساء الخضري بدون معرفة العوامل الموجودة في الوسط البيئي الذي يعيش فيه، ولا يكفي أن نعرف أن نوعاً ما

يوجد في وسط بيئي معين وأنه حيث يعيش توجد أنواع أخرى في نفس المكـان ، بل المطلوب أن نعلم لماذا يعيش هذا النبات مع رفاقه في وسط بيئي بعينه؟ ولا يمكنه الحياة في أوساط بيئية أخرى. ولذلك فدراسة تركيب المجتمعات وتوزيعها تتطلـب معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للوسط البيئي، والعوامل التي تؤثر فيه.

وغالباً ما تصنّف عوامل الوسط البيئي والتي يشار إليها كثيراً بالعوامل البيئية Ecological factors **إلي أربعة أقسام رئيسية هي:-**

١ - عوامل مناخية Climatic factors

٢ - عوامل التربة Edaphic factors

٣ - عوامل التضاريس Physiographic factors

٤ - عوامل أحيائية Biotic factors

المجتمعات النباتية

في الدراسات البيئية يمكن تعريف المجتمع Community بأنه كل المكونات الحية بالنظام البيئية، ويمكن تقسيم المجتمع في النظام البيئي إلي مجتمع نباتي ومجتمـع حيواني، وللمجتمع النباتي خصائص يمكن تقسيمها إلي مجموعتين: مجموعة تـسمى الخصائص التحليلية Analytical characteristics، والأخـرى تـسمى مجموعـة الخصائص التركيبية Synthetic characteristics. والخصائص التحليلية تشتمل على صفات كيفية Qualitative characters من الصعب تحديد مقاديرها وصفات كمية Quantitative characters يمكن بسهولة وضع مقاييس لها.

تعيش المجتمعات والنظم البيئية في حالة دينامية؛ فهي مكان مختلف من الليل إلي النهار، ومن الربيع إلي الخريف، وتنقسم التغيرات التي تحدث بالمجتمعات البيئية **إلي ثلاثة أنواع هي:-**

١- تغيرات غير توجيهية Indirectional changes وهي تغيرات طفيفة إرتدادية لا تبدل المجتمع تبديلاً دائماً فهي تغيرات إحلالية مرتبطة بالحفاظ على حالة الاستقرار في المجتمعات الثابتة.

٢- تغيرات توجيهية Directional changes تتضمن تغيرات طويلة المدي نتيجة تغيرات مناخية ذات مدى طويل وينتج عنها تبديل دائم للمجتمع.

٣- تغيرات دورية Periodical changes ينتج عنها مجتمع مستقر يسمي مجتمع الذروة Climax community وتسمى تلك التغيرات بالتعاقب Succession.

قضايا البيئة التطبيقية المعاصرة

مع التطور الحضاري الذي حدث في القرن العشرين كان لتدخل الإنسان المتزايد في مكونات البيئة دوراً رئيسياً في الإخلال بالتوازن البيئي المطلوب والضروري لاستمرار الحياة على الأرض، لأن نفاذ مورد من موارد البيئة قد يتعدى إلي الموارد الأخرى، ومن ثم ظهرت كثير من الجوانب التطبيقية لهذا العلم المتنامي للتغلب علي المشكلات البيئية المعاصرة، ولعل أهم الموضوعات التطبيقية لعلم البيئة دراسة التنوع الحيوي من أجل الحفاظ علي الموارد البيولوجية لأنها تمثل مصادر وراثية غير قابلة للتجديد، ودراسة التصحر من أجل التعرف عليه وتطوير السبل والأساليب المناسبة لمقاومته، ودراسة تلوث البيئة والإحتباس الحراري من أجل الحفاظ علي النظم البيئية في الكرة الأرضية في حالة مستقرة وحماية صحة الإنسان.

والتنوع الحيوى Biodiversity هو أنماط ومستويات الإختلاف الطبيعى بين ملايين النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة بداية من مستوى الجينات الوراثية، حتى مستوى الأنظمة البيئية المتداخلة التي تشترك الكائنات الحية في نسجها ويعزى إلي اختلاف البيئات فى مناطق العالم المختلفة، ويعاني التنوع الحيوي على الكرة

الأرضية من التدهور المتسارع نتيجة إنقراض كثير من أنواع النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة نتيجة انتهاك حرمة المناطق الطبيعية وزيادة التلوث بها.

أما التصحر Desertification فهو تناقص قدرة الإنتاج البيولوجي للأرض أو تدهوره تحت وطأة الظروف البيئية الصعبة والمتقلبة وسوء الاستغلال البشري للموارد الطبيعية، وتعد ظاهرة التصحر من المشاكل الرئيسية التي تهدد جزءًا كبيرًا من سكان المناطق الجافة وشبه الجافة في جميع أرجاء العالم، وتبلغ نسبة الصحاري حوالي ٣٥% من مساحة اليابسة علي الكرة الأرضية إلا أن مساحتها تزداد نتيجة زحف الصحراء، إلا أن تناقص قدرة الإنتاج البيولوجي للأرض تتناقص أيضا نتيجة فقدان التربة لمعادنها ومادتها العضوية جنباً إلي جنب مع الجفاف.

والمفهوم الشائع للتلوث Pollution هو إلقاء النفايات بما يفسد نظافة البيئة، الا أن التعريف العلمي للتلوث هو حدوث تغيير أو خلل في الحركة التوافقية التي تتم بين العناصر المكونة للنظام البيئي، بما يؤدي إلي إفقاد النظام البيئي القدرة على التخلص الذاتي من الملوثات بالعمليات الطبيعية التي تتم فيه، وللتلوث درجات وأشكال وأنواع مختلفة. رغم ذلك يعتقد كثير من المهتمين بالبيئة أنه بالإمكان المحافظة عليها وتخليصها من التلوث ومنع تلوثها في المستقبل بالعمل المخلص الجاد وتضافر الجهود إلا أن هذا الأمر يستلزم انضباطاً وتنظيماً وتمويلاً علي المستوي الوطني والإقليمي والدولي.

أما الإحتباس الحراري Global Warming فهو الإرتفاع التدريجي في معدلات درجة الحرارة علي سطح الكرة الأرضية بما يؤدي إلي تغيرات مناخية وبيئية، وقد شاع استخدام هذا التعبير في السنوات الأخيرة وبمسميات مختلفة منها ظاهرة الاحتباس الحراري أو التغير المناخي العالمي Global climate change أو تأثير البيوت الخضراء Green house effect.

البـــــاب الأول

النظم البيئية و الأقاليم النباتية

الفصل الأول: **تركيب النظام البيئي**

الفصل الثاني: **السلاسل الغذائية و مسارات الطاقة**

الفصل الثالث: **إنتاجية النظام البيئ**

الفصل الرابع: **دورة العناصر في النظام البيئي**

الفصل الخامس: **أمثلة لبعض النظم البيئية**

الفصل السادس: **الأقاليم الجغرافية النباتية**

الفصل الأول

تركيب النظام البيئي

تعريف النظام البيئي

يعرف النظام البيئي Ecosystem أنه تعايش الكائنات النباتية والحيوانية والكائنات الدقيقة معاً وتفاعلها مع بعضها البعض ومع موارد البيئة وعوامل الوسط البيئي الذي تعيش فيه في أية مساحة على الكرة الأرضية. وتأثير البيئة علي الكائنات الحية وتأثرها بها من الأمور البديهية؛ فالبيئة تؤثر في النباتات التي تعيش فيها كما أن للنباتات التي تستوطن تلك البيئة ارتباطاً وثيقاً بحياة الإنسان وأنواع الحيوانات والكائنات الدقيقة التي تعيش بها. ومن البديهي أيضا أن توجد علاقات متبادلة فيما بين الكائنات الحية وفيما بينها وبين موارد البيئة غير الحية، فالكائنات الحية تستهلك من موارد البيئة من بعض النواحي وتضيف إليها من نواح أخرى وتغير من خصائصها بالنفع أو الضرر تبعاً لضروب الأنشطة التي تمارسها فيها.

ومن البديهي أيضا أن موارد البيئة وظروف الوسط البيئي في مكان ما هي التي تحدد أنواع الكائنات التي تستوطن هذا المكان وصفاتها، وعليها تتوقف حياتها وازدهارها وتكاثرها بل واستمرار بقائها، فالكائنات الحية وما يحيط بها من مكونات غير حية تتبادل المادة في دورة متكاملة، والنظام البيئي هو أكبر وحدة فعالة في الدراسات البيئية، ويتم دراسة هذا النظام في مساحات وظروف مختلفة، فالصحاري والغابات والبحيرات والمحيطات هي نظم بيئية متكاملة جديرة بالدراسة ليس على المستوى العالمي فقط بل على المستوى المحلي أيضاً.

تركيب النظام البيئي

في النظم البيئية تعتمد الحيوانات والكائنات الخالية من الكلوروفيل مثل الفطريات في غذائها على النباتات الخضراء والكائنات الأخري ذاتية التغذية التي تحتوي علي البلاستيدات الخضراء وتقوم بعملية البناء الضوئي مثل الطحالب الخضراء، بينما تعتمد النباتات الخضراء والكائنات الأخري ذاتية التغذية على المواد الخام الموجودة في محلول التربة أو في الماء وعلى الطاقة الضوئية في أشعة الشمس والغازات في الهواء لتخليق الغذاء، وتعرف الكائنات الحية في النظام البيئي بما يسمى المكون الحي The biotic component، أما المواد الخام في التربة والماء والطاقة الشمسية وكذلك الغازات في الهواء فتكوّن معا ما يعرف بالمكون غير الحي The abiotic component. وتنقسم الكائنات الحية في النظام البيئي إلي ثلاث مستويات هي كائنات منتجة Producers وهي الكائنات ذاتية التغذية، وكائنات مستهلكة Consumers هي الحيوانات، وكائنات محللة Decomposers وهي الكائنات الدقيقة الخالية من الكلوروفيل.

المكونات الحية

الكائنات المنتجة

الكائنات المنتجة The producers هي الكائنات الذاتية التغذية Autotrophs، التي تستمد الطاقة من ضوء الشمس لتصنع الغذاء من المواد غير العضوية البسيطة، والمقصود بالغذاء هو المركبات العضوية المعقدة التركيب مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات. والمُنتجات (الكائنات المنتجة) هي النباتات الخضراء التي نعرفها جميعاً والتي تحتوي على المادة الخضراء أو الكلوروفيل (اليخضور). و تتم عملية صناعة الغذاء في الكائنات ذاتية التغذية من خلال عملية

البناء الضوئي Photosynthesis، وفي هذه العملية تستخدم النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء في وجود الضوء والكلوروفيل وجهاز إنزيمي معقد لتكوين السكريات مع إنطلاق الأكسجين، **ويمكن تلخيص هذه العملية بالمعادلة التالية:-**

$$12\ H_2O + 6\ CO_2 \xrightarrow[\text{Light}]{\text{Enzymes}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6\ H_2O$$

وتستطيع بعض أنواع البكتريا استخدام مركبات كيميائية أخرى مثل مركبات الكبريت والأمونيا والحديد لإنتاج مركبات عضوية في تفاعلات تأكسدية ينتج عتها طاقة يمكن استخدامها في البناء العضوي، والطاقة اللازمة لعملية البناء الضوئي هامة بمثل أهمية المواد التي تدخل هذه العملية، ففي عملية البناء الضوئي تتحول الطاقة الإشعاعية لضوء الشمس إلي طاقة كيميائية تختزن في الروابط الكيميائية للمركبات التي تصنعها الكائنات ذاتية التغذية.

الكائنات المستهلكة

الكائنات المستهلكة Consumers هي الكائنات التي تحصل على غذائها عن طريق استهلاك المواد العضوية التي تنتجها الكائنات ذاتية التغذية بصورة مباشرة أو غير مباشرة، وهي كائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophs تشمل الكائنات المتعضية التي لا تحتوي على اليخضور (الكلوروفيل)، مثل الحيوانات وبعض الفطريات Fungi، وعندما تقتات هذه الكائنات فإنها تأكل الطعام وتكسره جزئياً داخل قنواتها الهضمية ثم تمتصه في دمها، وتمتص المركبات العضوية من الدم بواسطة الخلايا المختلفة في الجسم، ويستفيد الحيوان من هذه المواد بطريقتين، إما أن تستخدم كوحدات بناء لتكوين مركبات أخرى أو إنشاء خلايا جديدة، وإما أن تتحطم لإنتاج الطاقة، وتتم العملية الأخيرة من خلال عملية التنفس Respiration، حيث تتحد المركبات العضوية مع الأكسجين وتتحرر الطاقة المختزنة في الروابط

الكيميائية ويتكون ثاني أكسيد الكربون والماء. والكائن الحي يستخدم الطاقة في الأنشطة المختلفة التي يقوم بها كالنمو والحركة والتكاثر، أما ثاني أكسيد الكربون والماء فيخرجهما الجسم، والتنفس عملية ضرورية لحياة الكائنات الحية سواء كانت ذاتية التغذية أو غير ذاتية التغذية، وهو عملية معاكسة للبناء الضوئي **يمكن تلخيصها في المعادلة التاليه:-**

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \xrightarrow{\text{Enzymes}} 6\ H_2O + 6\ CO_2 + \text{Energy}$$

تصنف الكائنات المستهلكة إلي عدة مستويات، تبعا لطبيعة الغذاء التي تقتات به، **إلي ثلاث أنواع هي:-**

١- آكلات العشب

آكلات العشب Herbivores وهي حيوانات تستهلك أجسام النباتات مثل حيوانات اللحوم كالأبقار والأغنام والإبل والغزلان أو بذورها مثل الطيور، وكذلك بعض الكائنات المائية التي تتغذي علي الهائمات الطحلبية النباتية، وتمثل هذه الكائنات ما يسمي بالمستهلكات الأولية Primary consumers.

٢- آكلات اللحوم

آكلات اللحوم Carnivores وهي الكائنات التي تحصل علي غذائها من النباتات الخضراء بطريق غير مباشر من خلال استهلاك الكائنات آكلات العشب، وتتميز آكلات اللحوم إلي عدة مستويات فقد تسمي مستهلكات من الدرجة الثانية Secondary consumers إذا تغذت علي حيوانات مقتاتة بالعشب مثال ذلك افتراس الذئب للأرنب أو مستهلكات من الدرجة الثالثة إذا تغذت علي مستهلكات الدرجة الثانية، مثال ذلك افتراس طائر جارح للثعلب.

٣- آكلات الأعشاب واللحوم

تضم الكائنات آكلات الأعشاب واللحوم كائنات مستهلكة تتغذي علي النباتات والحيوانات معا تسمي كائنات قارتة Omnivores، وهي بذلك يمكـــن أن تكون مستهلكات من الدرجة الأولي والثانية والثالثة في نفس الوقت.

الكائنات المحللة

الكائنات المحللة Decomposers هي أيضاً كائنات غير ذاتية التغذية وتشمل كثيراً من الفطريات والبكتريا المترممة Saprophytes، ولا يمكن اعتبار هذه الكائنات منتجة لأنها لا تقوم بتصنيع غذائها بنفسها، كما أنها ليست كائنات مستهلكة لأنها لا تقتات غذاءاً جاهزاً. تستخدم الكائنات المحللة أجسام النباتات والحيوانات الميتـــة وما تخرجه هذه الكائنات للحصول على غذائها. وتفرز كائنات التحلل إنزيماتهـــا الهضمية في المواد الميتة خارج أجسامها وتمتص جزئيات الغذاء المتحللة عبر غشائها الخلوي، ولكن هضم الغذاء وامتصاصه يتم داخلياً، وخلال ذلك يتم تحويل المـــواد المعقدة التركيب إلي مواد بسيطة يُستخدم جزء منها في بناء الأنسجة ويبذل جـــزء آخر منها في الأنشطة التي يقوم بها الكائن، أما الجزء الأكبر فيخرج إلي التربة.

تضم الكائنات المحللة كائنات دقيقة هوائية Aerobes تحتـــاج إلي وجـــود الأكسجين لتستمد الطاقة من خلال عملية تشبه عملية التنفس، وكائنات لاهوائية Anaerobes تعيش في وسط لا يتوفر به الأكسجين وتحصل علي غذائها من خلال تحلل المواد العضوية في غياب الأكسجين، كما تضم كائنات دقيقة لاهوائية اختيارية Facultative anaerobes مثل كثير من البكتريا والفطريات في التربة التي تكيـــف نفسها حسب الوسط الذي تعيش فيه، فإذا توفر الأكسجين كانت هوائيـــة وإذا لم يتوفر أصبحت لاهوائية.

المكونات غير الحية

المكونات غير الحية هي العناصر والمواد الأولية التي تتكون منـــها التربـــة والطبقة السفلى من الهواء الجوي التي تحيط بها، بالإضافة إلي الطاقة الضوئية المنبعثة من الشمس والتي تصل إلي سطح الأرض، والأكسجين وثاني أكسيد الكربـــون في الهواء، وهذه العناصر مجتمعة تكوّن ما يسمى بمستودع الغذاء في النظام البيئية.

أ- التربـــــــة

التربة هي الأجسام المعدنية الطبيعية التي تدعم النباتات على سطح الأرض وتمتد لبضعة أمتار من سطح القشرة الأرضية، وتتراوح أشكالها بين الصخور الكبيرة والحجارة والحصي والحبيبات الدقيقة الناعمة الناتجة من تأثير التقلبـــات المناخيـــة. وتتكون التربة من أربعة مواد أساسية تشكل هيكلها، وهي الجـــسيمات المعدنيـــة Mineral particles ومواد عضوية Organic matter ومـــاء Water وهـــواء Air. وتختلف نسبة هذه المكونات من تربة إلي أخرى، وبصفة عامة يمكن القول أن المواد المعدنية تكوّن نحو ٤٥% من التركيب الحجمي للتربة، وهي تدعم النباتات كما أن العناصر المعدنية بها تذوب في الماء فيمتصها النبات وهي ضرورية لنموه. ويـــشكل كل من الماء والهواء نحو ٢٥% من حجم التربة في حين تشكل المواد العضوية نحو ٥% فقط من حجم التربة، والهواء ضروري لتنفس جذور النباتات، أمـــا المـــواد العضوية في التربة فتدخل في تركبب المركبات التي يحتاجها النبات للنمو والتكـــاثر مثل الأحماض النووية والبروتينات. .

ب- الهـــواء الجـــوي

يتكون الهواء الجوي في طبقة الغلاف الجوي المحيطة بالأرض من مزيج مـــن الغازات يشكل النتروجين ٧٨% منها والأكسجين ٢٠,٩% والأرجـــون ٠,٩%.

كما يشمل أيضاً ٠,٠٣% ثاني أكسيد الكربون وكميات قليلة من النيون والهيليوم والميثان والكريبتون والهيدروجين، وفضلاً عن ذلك يحتوي الهواء على بخار ماء تتراوح نسبته بين صفر و٤% من حجم الهواء. وغازات الهواء الجوي ذات التأثير على الكائنات الحية هي الأكسجين وثاني أكسد الكربون، فالأكسجين ضروري لعملية التنفس Respiration التي تقوم بها كل الكائنات الحية، أما ثاني أكسيد الكربون فهو ضروري لعملية البناء الضوئي Photosynthesis التي تقوم بها النباتات والطحالب.

جـ- الأشعة الشمسية

يصل ضوء الشمس إلي الكرة الأرضية في صورة موجات كهرومغنطيسية Electromagnetic waves يقاس طولها بالملليميكرون. والأشعة الشمسية التي تصل إلي سطح الأرض تساوي ٤٣% فقط من الإشعاع الشمسي، حيث ينعكس نحو ٤٢% من هذا الإشعاع في الفضاء الخارجي في حين يمتص الغلاف الجوي نحو ١٥% منه، والأشعة الشمسية ذات أطوال موجية وألوان مختلفة وتسمى بالطيف الشمسي، وتنقسم إلي أشعة مرئية Visible وأشعة غير مرئية Invisible.

والأشعة المرئية يتراوح طولها الموجي بين ٣٨٠ و ٧٦٠ مليميكرون ويبدو في المطياف Spectroscope من البنفسجي إلي الأحمر، وبالرغم من أن الضوء المرئي يشكل جزءًا صغيرًا من طيف الأشعة الشمسية فإنه ينقل ٤٦% تقريباً من الطاقة الشمسية. ومن الضوء المرئي تمتص صبغةُ الكلورفيل (اليخضور) الطاقة اللازمة لعملية البناء الضوئي وبها تتمكن النباتات من صنع الغذاء. ومن المعروف أن النباتات الخضراء تستطيع النمو عندما تتلقى موجات من الضوء المرئي فقط.

أما الأشعة غير المرئية فتشمل الأشعة فوت البنفسجية Ultraviolet radiation وطول موجتها أقصر من ٣٨٠ مليميكرون والأشعة دون الحمراء Infrared radiation

وطول موجتها أكثر من ٧٦٠ مليميكرون، والأشعة فوق البنفسجية شديدة التأثير في بعض التفاعلات الكيميائية وذات ضرر بالغ على الخلايا الحية. ومن لطف الله أن أكثر من ٨٠% من هذه الأشعة، وخاصة تلك التي يقل طول موجتها عن ٢٨٠ مليميكرون تمتصه طبقة الأوزون التي توجد على ارتفاع يتراوح بين ١٠ و٥٠ كيلومترًا فوق سطح الأرض، وهذه الأشعة مسؤولة جزئياً عن ظاهرة الانتحاء الضوئي Phototropism، كما أنها تحد من نشاط هرمونات النمو، الأمر الذي يسبب قصر سيقان النباتات، وإذا تلقى سطح الأرض نسبة مرتفعة من هذه الأشعة فإن الكائنات الحية تتأذى بسبب ذلك.

أما الأشعة دون الحمراء فهي المصدر الرئيسي للطاقة التي ترفع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض، ولا يزيد طول موجة الأشعة دون الحمراء التي تستقبلها الأرض من الشمس على ٣٠٠٠ مليميكرون وتسمى الأشعة دون الحمراء القريبة أما الأشعة دون الحمراء التي يزيد طول موجتها عن ٣٠٠٠ مليميكرون فتسمي الأشعة دون الحمراء البعيدة ويقوم سطح الأرض برد الجزء الأكبر منها إلي الفضاء الخارجي، وتسمى بالإشعاع الأرضي Terrestial radiation وعلاوة على التأثير الحراري للأشعة دون الحمراء فإن لها تأثيراً في هرمونات الإنبات وفي الاستجابة للفترات الضوئية (طول النهار).

يتركز وجود الكائنات الحية على الأرض في طبقة من الكرة الأرضية تسمى المحيط الحيوي Biosphere وهو مصطلح وضعه العالم سويس Suess سنة ١٨٧٥، ولكنه أخذ معنى علمياً بعد دراسات فرنادسكي Vernadesky في عشرينات القرن العشرين، وكما عرفه فرنادسكي فالمحيط الحيوي هو الغلاف الذي توجد فيه الحياة على الأرض وتشمل حدوده جزءاً يسيراً من الغلاف الجوي Atmosphere وجزءاً من القشرة الأرضية تسمي Pedosphere والغلاف المائي Hydrosphere، ويميل

العلماء حالياً إلي تحديد المحيط الحيوي بالمجال الذي يحدث فيـه نـشاط كثيـف للكائنات الحية، وتمتد حدوده حتى ٥٠ متراً فوق سطح التربة وحتى ١٢ متـراً في باطنها، كما يشمل كامل عمق البحيرات وحتى عمق يصل إلي ٤٠٠ متر في البحار والمحيطات، و يتألف المحيط الحيوي من مجموع النظم البيئية الموجودة في العالم، وهو الوسط الذي تعيش وتتكاثر فيه الكائنات الحية، كما أنه المكان الذي تجـري فيـه التغيرات الفيزيائية والكيميائية الأساسية التي تطرأ على المواد غير الحية.

وجزء الغلاف الجوي الذي يشترك في تكوين المحيط الحيوي يعتـبر طبقـة رقيقة جداً من الغلاف الجوي وهو غلاف غازي سميـك فـوق سـطح الأرض ويشاركها دورالها الدائم حول الشمس غير أن كثافته تنخفض مع الارتفاع عـن سطح الأرض. ويتكون الغلاف الجوي من عدة حلقات تتمايز فيما بينها (يتمـايز بعضها عن بعض) بنظامها الحراري ومكوناها (**شكل١-١**)، فالحلقـة الـسفلي المسماة Troposphere يصل متوسط إرتفاعها إلي عشرة كيلومترات وتحتوي علي ٧٥-٨٠ من كتلة الهواء الجوي، وهي الطبقة الوحيدة التي تحتوي علي بخار الماء.

تعلو الطبقة السفلي ما يسمي الحلقة الركامية (ستراتوسـفير) Stratosphere ويصل إرتفاعها حتي ٥٠ كيلو متر وتوجد به طبقة الأوزون الذي يتكون عن طريـق تفاعلات كيموضوئية تؤدي إلي تحول الأكسجين الجزيئي إلي أكسجين ذري، ويتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي ليتكون الأزون مـن ثـلاث ذرات مـن الأكسجين، ومن خلال هذه العملية تُمتص الأشعة فوت البنفسجية Ultraviolet light وبذلك لا تنفُذ إلي سطح الأرض. تعلو الحلقة الركامية ما يـسمي الحلقـة الوسـطية Mesosphere ويصل ارتفاعها إلي ما يربو علي ١٠٠ كيلومتر فـوق سـطح الأرض وتنخفض درجة الحرارة بها إلي -٩٠ درجة مئوية، تعلو الحلقة الوسطية حلقة حراريـة Thermosphere يصل إرتفاعها حتي ٤٠٠ كيلومتر وتتميز بارتفاع درجة الحـرارة إلي

أكثر من ألف درجة مئوية نتيجة لاحتجاز الأشعة فوق البنفسجية بها، والتي تسبب تأين الهواء في هذه الطبقة ومن ثم تسمي الحلقة الأيونية Ionosphere، تعلو هذه الطبقة ما تسمي الحلقة الخارجية Exosphere وفيها تتحرر جزيئات الهواء من جاذبية الأرض وتمتد إلي ارتفاعات تصل إلي ٢٠ ألف كيلومتر، إلا أن كثافتها تقل تدريجيا بالارتفاع إلي درجة تصبح شبه معدومة فتصير مماثلة لكثافة الفضاء الخارجي.

الحلقة الخارجية أو الإكسوسفير Exosphere - تتحرر الجزيئات من الجاذبية الأرضية

٤٠٠كم

الحلقة الحرارية Thermosphere أو الطبقة المتأينة Ionosphere

ترتفع درجة الحرارة ويتأين الهواء

١٠٠كم

الحلقة الوسطية أو الميزوسفير Mesosphere - تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع حتي -٩٠ مئوية - تتميز بضغط جوي شديد الإنخفاض

٥٠كم

الحلقة الركامية أو الستراتوسفير Stratosphere ترتفع درجة الحرارة حتي ٣٠ مئوية - تحوي طبقة الأوزون

١٠كم

الحلقة السفلي أو التروبوسفير Troposphere وتحوي ٧٠-٨٥% من الهواء الجوي

المحيط الحيوي

باطن الأرض

شكل ١-١: رسم تخطيطي لحلقات الغلاف الجوي

وموضع طبقة الأوزون والمحيط الحيوي بها.

أنواع النظم البيئية

تنقسم النظم البيئية علي الكرة الأرضية إلي نوعين هما:-

أ- نظم طبيعية

نشأت النظم البيئية الطبيعية Natural ecosystems بفعل العوامل البيئية الطبيعية دون تدخل الإنسان، وتصنف إلي نظم أرضية Terrestial من أمثلتها الصحاري، وأراضي الحشائش والمراعي والغابات ومنها غابات المناطق الإستوائية والغابات النفضية والتاندرا والسافانا، ونظم مائية Aquatic مثل البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات العذبة والبحيرات المالحة والمستنقعات، كما تضم النظم الطبيعية أيضا مصبات الأنهار وشواطئ البحار.

ب- نظم صناعية

النظم البيئية الصناعية Artificial ecosystems هي نظم قام الإنسان بإنشائها كما يقوم بالتأثير علي مكوناتها، ومن أمثلتها المجتمعات الصناعية والقري الزراعية والمدن الساحلية وغير الساحلية، ويمكن تصنيف بعض هذه النظم إلي نظم أصغر كأن يصنف نظام القري الزراعية إلي بساتين الفاكهة وحقول المحاصيل ومزارع الأسماك.

وسوف نتعرض لأمثلة من النظم البيئية في الفصل الخامس من هذا الباب.

الفصل الثاني

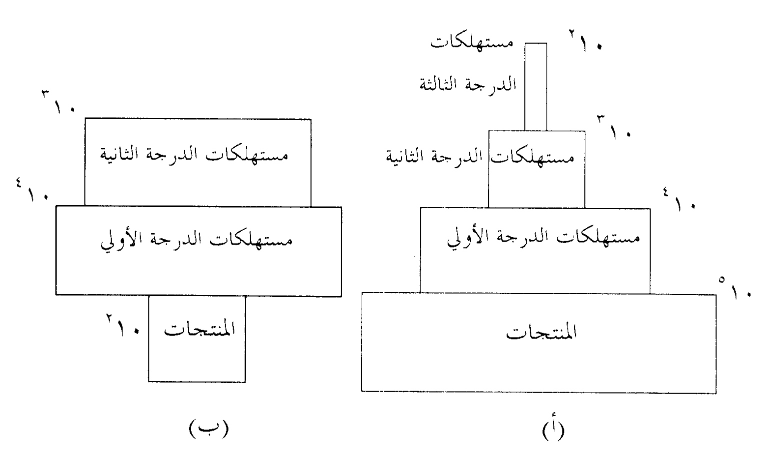
السلاسل الغذائية ومسارات الطاقة في النظام البيئي

تركيب السلاسل الغذائية

تكوّن الكائنات المنتجة والمستهلكة والمحللة في النظام البيئي تركيباً خاصـــا يعرف بالتركيب الغذائي Trophic structure أو سلـــسلة الغـــذاء Food chain، وتتكون السلاسل الغذائية من عدة مستويات يكون فيها العنصر المنتج هو القاعدة الأساسية في التركيب، التي يبني عليها التركيب الغذائي في النظام البيئـــي، حيـــث يتغذى كائن على كائن سابق له في السلسلة الغذائية. وتسهيلاً لدراسة التركيـــب الغذائي في النظم البيئية تجمع الكائنات في الفئات أو المستويات السابق وصـــفها، والتي تعرف بالمستويات الغذائية Trophic levels وطبقاً لوصفها توضع في سلسلة الغذاء، وهذه الفئات هـــي المنتجـــات Producers والمـــستهلكات Consumers والمحللات Decomposers.

وتعرف كمية المواد الحية في المستويات الغذائية المختلفة بالمحصول القـــائم Standing crop والذي يمكن أن يعبَّر عنه بعدد الكائنات أو كتلتها أو كميـــة مـــا تحتويه من الطاقة، والمحصول القائم في أحد المستويات لا يمثل فقط كميـــة الطاقـــة المختزنة، ولكن قد تكون له فوائد أخرى كتنظيمه أو تقليله لحدة التغيرات المناخية أو قد يكون بمثابة بيئة تعيش عليها أنواع أخرى من الكائنات. وقد اعتاد علمـــاء البيئة التعبير عن عدد الكائنات أو كتلتها أو كمية الطاقة المختزنة بها في صورة أهرام تعرف بالأهرام البيئية Ecological pyramids وفي الغالب تكون أعداد الكائنـــات المنتجة (النباتات) أكثر من الكائنات آكلات العشب وتكون الكائنـــات آكـــلات العشب أكثر من آكلات اللحوم (**شكل ١-٢**)، ولذلك تكون الأهرامات العددية

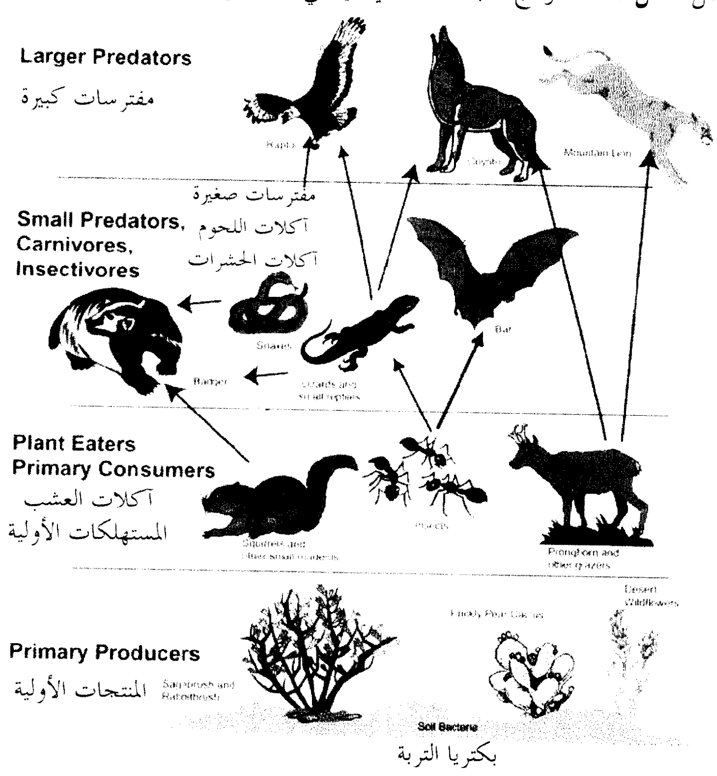
Pyramids of numbers ذات بناء عادي يشابه في معظم الأحيان أهرام الكتلة الحية Pyramids of biomass عند استخدام الوزن الجاف للكائنات في المستويات المختلفة بدلاً من الأعداد. ولكن في بعض الأحيان قد تكون الأهرامات العددية ذات بناء مقلوب، ويرجع ذلك إلي وجود عدد كبير من الطفيليات تعيش على فرد واحد أو عدد قليل من الأفراد، مثال ذلك الغابات الإستوائية حيث يعيش عدد كبير من الحشرات آكلة الأعشاب علي شجرة واحدة (**شكل ١-٢**). وتعبر أهرام الكتلة عن ملامح تركيب النظام البيئي، أما الأسس الوظيفية لنمط العلاقة بين المستويات الغذائية المختلفة فيعبر عنها بسريان الطاقة داخل النظام.



شكل ١-٢: نموذجين للأهرامات البيئية، (أ) هرم الكتلة الحية في أرض الحشائش المعتدلة، (ب) هرم عددي في غابة متساقطة الأوراق.

السلاسل الغذائية وشبكة الغذاء

كما أسلفنا فإن الكائنات الحية في النظام البيئـــي تنقـــسم إلي منتجـــات ومستهلكات ومحللات وأن هناك عدد من السلاسل الغذائية في معظم النظم البيئيـــة يتصل بعضها مع بعض في عدة نقاط مكونة ما يسمى بشبكة الغـــذاء Food web ويمثل **شكل ١-٣** نموذج لشبكة الغذاء في أراضي حشائش الاستبس.



شكل ١-٣: رسم تخطيطي لشبكة الغذاء في بيئة حشائش الاستبس.

وفي النظم البيئية تعتمد قلة من الكائنات في غذائها علي نوع واحد فقط، حيث تسعي الكائنات الحية مدفوعة بغريزة البقاء إلي تنويع مصادر غذائها، وتعرف الأنواع التي تعتمد علي نوع واحد بالأنواع المتخصصة أما الأنواع التي تعتمد علي عدة أنواع كمصادر لغذائها فتسمي الأنواع العامة Generalized species. **ويعتمد عدد المستويات الغذائية علي عاملين هما:-**

١- الطبيعة البيئية للمكان وما يحويه من موارد تؤثر في عدد الأنواع الحية في النظام البيئي بما يؤدي إلي طول السلسلة الغذائية الغذائية وبالتالي تعقيد الشبكة الغذائية.

٢- ما تحتويه البيئة من كائنات حية وخصوصا من المنتجات وطبيعة غذائها وأدوارها الوظيفية وحجمها فمن الملاحظ أن السلسلة الغذائية تكون قصيرة في النظم التي تعيش فيها آكلات عشب كبيرة الحجم، **كما يتبين من نماذج السلاسل الغذائية التالية:--**

أ- أعشاب ← مواشي ← إنسان

ب- أعشاب ← حشرات ← قوارض ← ثعابين ← صقور

ج- طحالب ← كائنات أولية ← أوليات حيوانية ← قشريات ← أسماك ← إنسان

وغالبا ما تكون السلاسل الغذائية المائية أطول من السلاسل البرية لصغر حجم المنتجات وآكلات العشب الأولية والثانوية بها، وكلما قصرت السلسلة الغذائية زادت كمية الكتلة الحية وكمية الطاقة المختزنة بها، ذلك لأن جزء من الطاقة يفقد عند الإنتقال من أحد مستويات الغذاء إلي المستوي الذي يليه، وتكمل المحللات حلقات شبكة الغذاء ومسارات سريان الطاقة حيث تقوم بتحليل

المنتجات والمستهلكات إلي عناصرها الأولية ومن ثم تكون السلاسل الغذائية علي **ثلاثة نماذج رئيسية هي:-**

١- السلسلة الغذائية الرمية Detrital food chain وهي شائعة في جميع النظم البيئية لكنها تسود الأنظمة البرية الطبيعية أو المائية الضحلة وضفاف الشواطئ حيث يتبقي جزء كبير من المنتجات دون حصاد، ومن سمات السلاسل الرمية سرعة دوران المادة الغذائية حيث أن النباتات والحيوانات الصغيرة تتواجد مع بعضها ومن ثم يتم إعادة إمتصاص المادة الغذائية بواسطة نوع ما فور إفرازها من نوع آخر.

٢- السلسلة الغذائية الرعوية Grazing food chain وهي شائعة في النظم البرية في السهول والغابات ومراعي البراري والحشائش الطبيعية والصناعية، وفيها تصنف الكائنات الرعوية إلي فوق أرضية كحيوانات المراعي التي تتغذي علي المجموع الخضري للنباتات وتحت أرضية مثل الديدان الأسطوانية والخنافس، وفي هذه النظم تتراوح نسبة استهلاك حيوانات المرعي بين ٣٠% إلي ٤٠% ونسبة استهلاك الكائنات التحت أرضية إلي ٣٠-٤٠% ويعود إلي الأرض نسبة تتراوح بين ٢٠% و٤٠% من المنتجات والمستهلكات لتدخل السلسلة الرمية. توجد السلسلة الرعوية أيضا في المياة العميقة حيث قلة المحتوي الغذائي وكثرة حركة الكائنات الحية بحثا عن الغذاء مما يسبب إرتفاع معدل الحصاد، أي نسبة ما تستفيده آكلات الأعشاب من المنتجات.

٣- السلاسل الغذائية المساندة (الإضافية) Supplementary food chain وهي سلاسل معقدة تضم الكائنات الكناسة (آكلات الجثث Scavengers) والكائنات المتطفلة Parasites، وتعتبر سلاسل الكائنات الطفيلية من أهم

السلاسل وأكثرها تعقيداً في النظم البيئية لأن الطفيليات تنتقل من عائل لآخر بواسطة المفترسات Predators أو النواقل Vectors.

مسارات الطاقة داخل النظام البيئي

الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة داخل النظام البيئي على الرغم من أن هناك كميات صغيرة من الطاقة تخرج كحرارة من جوف الأرض عن طريق عمليات التوصيل والانتقال والبراكين وكميات أخرى تنتج عن المد والجذر نتيجة جذب الأرض والقمر والشمس لماء المحيطات والبحار، ورغم أن كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلي الكرة الأرضية تبلغ نحو ١,٤ كيلوسعر لكل متر مربع في السنة، فإن ما يعادل ٤٣% منها فقط يصل سطح الأرض في حين ينعكس أكثر من نصفها مرة أخرى إلي الفضاء. والجزء الذي يصل إلي سطح الأرض يُمتص منه نحو ٢٠% بواسطة الغلاف الجوي Atmosphere، وفي الحقيقة إن أقل من ١% فقط من ضوء الشمس الذي يصل إلي الغلاف الجوي هو الذي يتحول إلي طاقة كامنة في المواد التي تكونها النباتات أثناء عملية البناء الضوئي. ومع ذلك فإن كائنات النظم البيئية كلها تعتمد على هذا الجزء القليل من الطاقة.

وإذا تتبعنا مسار الطاقة داخل النظام البيئي نجد أن النباتات الخضراء ذاتها تستخدم بعض الطاقة المختزنة في المركبات العضوية في عملية التنفس من أجل النمو والبقاء والتكاثر، والمستهلكات الأولية أو الحيوانات الآكلة العشب تأكل النباتات وتختزن بعض الطاقة التي حصلت عليها بهذه الوسيلة في نموها وتكوين أنسجتها وكذلك في تكاثرها لإنتاج أفراد جديدة، والجزء الأكبر من هذه الطاقة يستخدم في إصلاح الأنسجة والحركة والأنشطة الأخرى التي تقوم بها هذه الحيوانات. والطاقة المتاحة للكائنات آكلة العشب أقل كثيراً من الطاقة التي صنعتها النباتات بواسطة

عملية البناء الضوئي، فالطاقة التي استخدمتها النباتات في عملية التنفس قد ذهبت، فضلاً عن أن بعض الأجزاء النباتية قد ماتت قبل أن تأكلها المستهلكات الأولية، كما أن قدراً كبيراً من أوراق النباتات أو بقية جسم النبات غير قابل للهضم في بعض الحيوانات المقتاتة بالأعشاب، وهذه البقايا غير القابلة للهضم تحتوي على طاقة وتُخْرَج كجزء رئيسي مع فضلات الحيوانات حيث تصبح غذاءاً للمحللات.

وتحصل آكلات اللحوم أو المستهلكات الثانوية بنفس الوسيلة التي تحصل بها الحيوانات آكلة الأعشاب على طاقتها من النباتات. ويستخدم الحيوان الآكل اللحوم بعض الأنسجة المهضومة من الحيوانات آكلة الأعشاب في تخليق خلايا أو أنسجة جديدة وفي إنتاج أفراد جديدة، أما الجزء الباقي فتستخدمه في التنفس للحصول على الطاقة اللازمة لهذه الأنشطة، والطاقة المتاحة للحيوان الآكل للحوم تكون بطبيعة الحال أقل كثيراً من الطاقة التي يحصل عليها الحيوان الآكل للعشب، حيث ذهبت الطاقة الكامنة في المواد غير القابلة للهضم في الحيوان الآكل العشب ومعها أيضاً الطاقة التي استخدمها هذا الحيوان في الإبقاء على حياته. ومثل المستهلك الأولى لا يكون المستهلك الثانوي كَفِيًّا تماماً في حصاده للطعام المتاح ولا من حيث الاستفادة الكاملة منه، ولذلك توجد مستهلكات من الدرجة الثالثة (مستهلكات ثلثية) تتغذى على المستهلكات الثانوية، كما قد توجد مستهلكات من الدرجة الرابعة (مستهلكات رِبْعِيَّة) تتغذى على المستهلكات من المرتبة الثالثة.

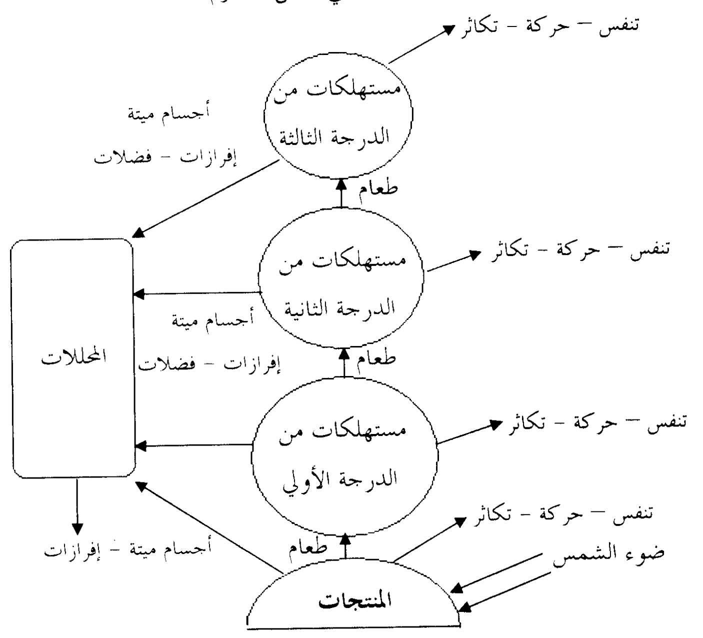
لكي نتتبع سريان الطاقة داخل النظام البيئي من المهم أن نهتم بكمية الطاقة المفقودة بين كل مستوى من المستويات الغذائية والمستوى الذي يليه، وكما ذكرنا سابقاً فإن متوسط كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلي المتر المربع في مكان ما من الأرض تصل إلي نحو ١,٤ كيلوسعر في السنة، ولكن قدراً قليلاً فقط من هذه الطاقة يختزن عن طريق عملية البناء الضوئي، وعلى أكثر تقدير يستخدم النبات ١% منها

لتكوين المواد المحتوية على الطاقة من خلال عملية البناء الضوئي، ويتراوح القـــدر الذي تستخدمه النباتات للحفاظ على بقائها من ١٥% إلى ٧٥% من هذه الكمية، ويعتمد ذلك على خصائص النظام البيئي، وإذا اعتبرنا أن ٤٠% هي النسبة المثالية لتنفس النبات وقيامه بالأنشطة الأخرى كالنمو والتكاثر، فإن نحو ٦٠% من القدر البالغ ١,٤ كيلو سعر سوف يختزل إلى ٨٤٠٠ كيلو سعر فقـــط وهـــو المتـــاح للمستهلكات الأولية، ولا تستخدم الطاقة الموجودة في أنسجة الحيوانـــات آكلـــة الأعشاب، في أغلب النظم البيئية بكفاءة عالية.

يختلف الاستهلاك بالنسبة للحيوانات آكلة الأعشاب اختلافاً كـــبيراً، وفي المتوسط تصل كفاية المستهلكات الأولية في الاستفادة من الطاقة المتاحة من النباتات إلى نحو ٢٠%، في حين تذهب بقية المواد إلى المحلّلات، وعلى ذلك فإن نحو ١٧٠٠ كيلو سعر من المادة النباتية هي التي سوف تأكلها الحيوانات المقتاتة بالأعـــشاب أو المستهلكات الأولية، وفي الغالب يُستهلك ١٠% فقط من هذه الكميـــة في هـــذه الحيوانات لبناء أنسجة جديدة تكون متاحة للمستهلكات الثانوية وهـــي آكـــلات اللحوم من المرتبة الأولى والباقي إما أن يُستخدم للبقاء على هذه الحيوانات حيـــث يفقد على هيئة حرارة في الأنشطة المختلفة ، وإمّا أن يذهب إلى المحلّلات على هيئة فضلات وأجسام ميتة، وبناء على ذلك فإن نحو ١٧٠ كيلو سعر فقط من الطاقـــة يصبح كتلة حية جديدة في المستهلكات الثانوية. من ذلك يتضح كيفية نشأة أهرام الكتلة الحية، فالطاقة المتاحة تقل أكثر فأكثر عند كل مستوى غذائي في السلـــسلة الغذائية (**شكل ١-٤**).

ويوجد بين المحلّلات شبكات غذائية معقدة فالحشرات الصغيرة جداً وبعض اللافقاريات الأخرى التي تعيش على الأوراق الميتة التي تساقطت على الأرض، تنمو عليها البكتريا والفطريات، كما أن هذه الأوراق قد تأكلها كائناتٌ أخرى بما عليها

من بكتريا وفطريات. والواقع أن مسار الطاقة في التربة لم يدرس بعْدُ بعناية. وفي بعض النظم البيئية قد تكون الكمية من الطاقة التي تسري في هذا الطريق أكبر من تلك التي تنتقل في المسار الواضح، أي من النبات الحي إلي المستهلكات الأولية آكلات العشب إلي المستهلكات الثانوية التي تأكل اللحوم.



شكل ١-٤: رسم تخطيطي لمسارات الطاقة داخل النظام البيئي.

المحصول القائم وتوازن الطاقة في النظام البيئي

المحصول القائم Standing crop هو كمية الطاقة المختزنة في شكل كتلة حية Biomass في كل مستوى من المستويات الغذائية بالنظام البيئي، ويعطي هرمُ الكتلة الحية الدليل على وجود قدر من الطاقة عند مستويات الغذاء في أي وقت،

كما أنه يفسر العلاقة بين سريان الطاقة والطاقة الموجودة في صورة المحصول القائم على أساس كمية الطاقة التي تُودع بالنظام البيئي عن طريق عملية البناء الضوئي وكمية الطاقة المسحوبة في صورة طاقة التنفس عند المستويات الغذائية المختلفة، فإذا كانت كمية الطاقة الداخلة مماثلة لكمية الطاقة الخارجة أثناء العام أطلق على النظام البيئي أنه في حالة ثبات Steady state من حيث الطاقة. أما إذا كانت الطاقة المُودعة عن طريق البناء الضوئي أكبر من الطاقة المفقودة في عملية التنفس والنشاط في جميع المستويات الغذائية مجتمعة، فإن الطاقة لابد وأن تتراكم في مكان ما داخل النظام البيئي في صورة كتلة حية، مثل زيادة نمو الأشجار وزيادة عدد الحيوانات أو عن طريق التخزين في الركام Litter أو الدبال Humus.

أما إذا كانت كمية الطاقة التي تدخل النظام البيئي أقل من الكمية التي تفقد منه فإن النظام البيئي سوف يفقد الطاقة. ويطلق عليه النظام الذي تتراكم فيه الطاقة أنه نظام تسُوده حالة ميزان طاقة موجب Positive energy balance، أما النظام الذي يوجد به فقد للطاقة فإنه يوصف بأنه في حالة ميزان طاقة سالب Negative energy balance، وبصفة عامة فإن حالة ميزان الطاقة الموجب تسُود في المراحل الأولى من تكوين االنظام البيئي حيث تزداد أعداد النباتات والحيوانات في منطقة ما، في حين تحدث حالة ميزان الطاقة السالب، في الغالب، تحت بعض الظروف غير الموائمة للحياة كالجفاف الشديد Severe drought، ففي العام الشديد الجفاف في أرض الحشائش Grassland يتم تحلل كثير من الركام الذي تراكم ويكون الإنتاج في هذا العام قليلاً بحيث لا يعوض الفقد.

ومن وجهة النظر الاقتصادية يكون النظام البيئي ذو ميزان الطاقة الموجب أكثرَ نفعًا، حيث تتراكم الطاقة في صورة نباتات وحيوانات أكثر، الأمر الذي يساعد المجتمع على الانتعاش، ومن أمثلة النظم التي تتميز بميزان طاقة موجب،

الغاباتُ الصنوبريةُ في شمال أوروبا وأمريكا الشمالية حيث تتراكم الطاقة الزائدة على هيئة خشب في جذوع الأشجار وهذه الزيادة تسمى بالإنتاج الصافي للمجتمع Net community production، أما في الغابات المطيرة في المناطق الإستوائية، فإن مجموع الطاقة التي تستخدم في تنفس النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة يكون مساوياً لكمية الطاقة المثبتة في عملية البناء الضوئي، ولذلك فإن هذه المجتمعات توصف بأنها في حالة ثبات من حيث الطاقة. وتجدر الإشارة أن لدراسة تركيب النظم البيئية وسريان الطاقة فيها أهميةً اقتصادية قصوى في مجال علم البيئة التطبيقي، فالمجتمعات التي يوجد بها وفر من الطاقة على جميع المستويات الغذائية تكون غالباً مجتمعات منتعشةً اقتصادياً في حين تكون تلك التي تعاني من نقص في الطاقة من قلة الموارد، بالنسبة للاستهلاك، مجتمعات فقيرةً وتعتمد في بعض حاجتها على الاستيراد.

الكفاءة البيئية

تعبر الكفاءة البيئية Ecological efficiency عن كفاءة تثبيت الطاقة الضوئية الممتصة بواسطة النباتات الخضراء وكفاءة انتقال الطاقة بين المستويات الغذائية في النظام البيئي، وتعرف بأنها النسبة المئوية للزيادة في الكتلة الحية عند مستوي غذائي معين والتي ستدخل في الكتلة الحية للمستوي الذي يليه، ويمكن استخدام عدة مقاييس للتعبير عن الكفاءة البيئية تستند كلها إلي تقدير نسبة التراكم من المادة العضوية في المنتجات والمستهلكات.

ويعبر عن الكفاءة البيئية للمنتجات بحساب ما يسمي بمعدل الإستيعاب Assimilation rate ويقاس بتقدير كمية الطاقة المتراكمة في النباتات منسوبة إلي كمية الضوء الممتص، أما بالنسبة للمستهلكات فيتم تقدير الكفاءة البيئية بحساب

عدة معايير منها ما يعرف بالكفاءة البيئية بحساب مقـــدار الطاقـــة الداخلـــة إلي المستويات الغذائية للمستهلكات منسوباً إلي مقدار الطاقة المأخوذة منها، ومنها أيضا كفاءة النمو Growth efficiency وتقدر بحساب كفاءة النمو وذلك بقسمة قيمـــة الإنتاجية الصافية علي قيمة الإمتصاص، وكفاءة الاستهلاك Utilization efficiency وتقدر بقسمة كمية الطعام المستهلك علي قيمة الإنتاجية الصافية.

وتختلف قيم الكفاءات البيئية حسب أنواع وجماعات الكائنات الحيـــة في النظام البيئي، علي سبيل المثال فإن كفاءة النمو تكون أكبر في الحيوانـــات كـــبيرة الحجم صغيرة العمر عن الحيوانات صغيرة الحجم طويلة العمر، وتكـــون كفـــاءة الاستهلاك في الحيوانات آكلة اللحوم أكبر من الحيوانات آكلة الأعشاب.

الفصل الثالث

إنتاجية النظام البيئي

مقدمة

إنتاجية النظام البيئي هي الطاقة الكلية المختزنة Total stored energy في جميع المستويات الغذائية بالنظام البيئي، ومن المهم أن نميز بين الإنتاجية الإبتدائية Primary productivity وهي كمية الطاقة التي تتكون في المنتجات النباتية وهي محصلة عملية البناء الضوئي، وفيها تستخدم النباتات الطاقة الضوئية وثاني أكسيد الكربون الجوي والماء في أنسجة النبات في وجود الإنزيمات الضرورية لتكوين مواد عضوية تعرف بالإنتاج الأولي الكلي Gross primary production، وتستخدم النباتات ذاتها كمية لا بأس بها من الطاقة في عملية التنفس التي تقوم بها، وتعرف كمية الطاقة المختزنة الباقية بالإنتاج الأولي الصافي Net primary production. وهي كمية الطاقة التي تختزنها المستهلكات والمحللات منقوصاً منها ما تفقده هذه الكائنات من خلال العمليات الحيوية كالتكاثر والتنفس والحركة والنمو فتسمي الإنتاجية الثانوية Secondary productivity، بينما يعبر عن الإنتاجية الكلية للنظام البيئي بكمية الطاقة المختزنة في كل المستويات الغذائية في النظام البيئي وتسمي إنتاجية النظام البيئي الصافية Net Ecosystem production، وتسمي أيضا إنتاجية المجتمع الصافية Net community production، وهي مجموع الكتلة الحية منقوصا منها الطاقة المفقودة من خلال العمليات الحيوية للكائنات الحية.

وتقدر إنتاجية النظام البيئي بوحدات الوزن أو وحدات الطاقة، وهما وسيلتان مختلفتان للتعبير عن الإنتاجية، ومن الممكن استخدام أي منهما؛ لأن الطاقة تختزن في المركبات العضوية وهي التي تشكل أجسام الكائنات الحية، وتستخدم

الأوزان الجافة بسبب الاختلاف في المحتوى المائي للأنواع المختلفة من الكائنـــات. ويمكن حساب محتوى الطاقة لأي وزن من المادة النباتية أو الحيوانية عن طريق حرق المادة الجافة في جهاز يعرف بمُسَعِّر الاحتراق Bomb calorimeter وتقدير كميـــة الحرارة الناتجة. وقد تم تقدير إنتاجية العديد من الأنواع النباتية والحيوانيـــة بهـــذه الطريقة، وتتراوح كمية الحرارة المتولدة من المادة النباتية بين ٤-٤,٥ سعر/جرام من الوزن الجاف، ومن المادة الحيوانية بين ٥-٥,٥ سعر/جرام من الـــوزن الجـــاف. وبذلك يمكن التحويل من الوزن إلي سعرات حرارية والعكس باستخدام هذه القيم.

والأساس المناسب لمقارنة النظم البيئية المختلفة هو الإنتاج السنوي الصافي Annual net production؛ لأنه يعبر عن الطاقة المتاحة فعلياً لكائنـــات مـــستويات التغذية التي تلي المنتجات في العام الواحد. ويختلف الإنتاج الصافي الـــسنوي مـــن الصفر في الصحاري شديدة الجفاف إلي أكثر من خمسة آلاف جرام للمتر المربـــع تحت ظروف الإنتاجية القصوى مثل أراضي الزراعة المستمرة علي مـــدار العـــام ، ويتراوح الإنتاج الصافي السنوي بين ٢٠٠ و٢٠٠٠ جرام/متر مربـــع في معظـــم المناطق المعتدلة من الأرض.

تقدير الإنتاجية النباتية

هناك عدة طرق لتقدير إنتاجية النباتات Productivity of plants في النظم البيئية **أهمها الطرق التالية:-**

أ- طريقة الحصاد

تعتبر طريقة الحصاد أو جني المحصول The harvest method هي الطريقـــة المعتادة لتقدير الإنتاجية النباتية وخصوصاً في مجتمعات النباتات العـــشبية، وذلـــك بتقسيم المنطقة المراد تقدير الإنتاجية بها إلي العديد من المربعات التي يتم اختيارهـــا

عشوائياً وتمنع عنها حيوانات الرعي فترة من الزمن غالبا ما تكون سنة، يتم بعد إنقضائها جمع النباتات ووزن كتلتها وتقديرها بوحدة الوزن بالجرام لكل مساحة محددة في من الأرض في العام، أو وحدة الطاقة بالسعر الحراري لمساحة محددة في العام. وتعطي هذه الطريقة مدلولات جيدة بالنسبة للنباتات الحولية، أما في حالة النباتات المعمرة فيتم تقدير الإنتاجية قبل موسم النمو وبعده، ومن الضروري أن يقوم الدارس بفصل النموات الجديدة الخاصة بالموسم الذي تقاس خلاله الإنتاجية عن النموات القديمة لتقدير الزيادة في الوزن خلال الموسم، وغالباً ما يعبر عن الإنتاجية بالجرامات في المتر المربع في العام، وقد قدرت إنتاجية النباتات النجيلية المعمرة بما يساوي ٩٩٢ جراماً من المادة الجافة لكل متر مربع في العام، وبالطبع يمكن تحويل الإنتاجية إلي وحدات الطاقة.

ب- قياس ثاني أكسيد الكربون

تعتمد طريقة قياس ثاني أكسيد الكربون علي اعتبار كمية ثاني أكسيد الكربون المستهلكة في عملية البناء الضوئي مقياساً لكمية المادة العضوية التي تتكون في أوراق النبات خلال عملية البناء الضوئي، وفي هذه الطريقة يقفل على ورقة من النبات في حجرات خاصة صغيرة تحتوي على قدر معروف من ثاني أكسيد الكربون، تكون إحدى هذه الحجرات مظلمة وتكون الأخرى مضيئة، وتقاس كمية ثاني أكسيد الكربون داخل الحجرتين مرتين؛ أحدهما قبل تمرير تيار الهواء على ورقة النبات داخل الغرفة والثانية بعد أن يمر الهواء. بهذه الطريقة نجد أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الحجرة المظلمة ترتفع نتيجة عملية التنفس، أما في الحجرة غير المظلمة فإن ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس يستخدم في عملية البناء الضوئي التي تتم في وجود الضوء.

وتعتبر الزيادة في كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء الخارج من الحجرة المظلمة في وحدة الزمن مقياساً لما فقد من الإنتاج الكلي في عملية التنفس خلال هذه الفترة. أما التغير في كمية ثاني أكسيد الكربون بالهواء الخارج من الحجرة غير المظلمة (زيادة أو نقصاً عما كان عليه قبل دخول الحجرة) فيعبر عن الطاقة الممثلة للإنتاج الصافي الأولي، فإذا فرضنا مثلاً أنه لم يحدث تغير في كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء الداخل والخارج من الغرفة فهذا معناه أن صافي الإنتاج خلال فترة القياس = صفر، أما إذا كانت هناك زيادة في كمية ثاني أكسيد الكربون فهذا معناه أن النبات يعطي للهواء ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية التنفس أكثر مما يقوم بتثبيته خلال عملية البناء الضوئي، وتكون النتيجة فقد النبات لجزء من محتوياته وهذا معناه أن الإنتاجية تكون سالبة، أما إذا قلّتْ نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الخارج عنه في الهواء الداخل فهذا يعني أن النبات يستنفذ في عملية التنفس قدراً من ثاني أكسيد الكربون أقل من تلك التي يقوم بتثبيتها في عملية البناء الضوئي، عندئذ يزداد وزن النبات أي أن الإنتاجية تكون بالموجب.

جـ- قياس الأكسجين

تستند طريقة قياس الأكسجين إلي العلاقة الطردية بين الأكسجين المنطلق في عملية البناء الضوئي وكمية المواد العضوية التي يكونها النبات خلال هذه العملية ومن ثم اعتبار قدر الأكسجين المنطلق مقياساً للإنتاجية النباتية الأولية، وتستخدم طريقة قياس الأكسجين غالبا في النظم البيئية المائية لتقدير إنتاجية الهائمات النباتية فئ قدر معلوم من الماء في زمن محدد. وتستخدم لقياس كمية الأكسجين المنطلق خطوات تشبه الخطوات المستعملة لقياس كمية ثاني أكسيد الكربون المشار إليها في الطريقة السابقة.

د- قياس كمية المواد المغذية

تستند هذه الطريقة إلي وجود حالة إتزان بين المواد المعدنيـــة المغذيـــة للنباتات في التربة وفي جسم النبات ومن ثم يقاس معـــدل تنـــاقص المغـــذيات Nutrient depletion من التربة للتعبير عن مقدار ما يصنعه النبات من غذاء في عمليـــة البناء الضوئي، وفي هذه الطريقة يستخدم أحد العناصر الأساسية مثـــل النيتـــروجين أو الفوسفور، وتضاف منه كمية معلومة إلي التربة ويتم حساب معدل تناقص كميتـــه في فترة زمنية محددة للتعبير عن الإنتاجية الأولية للنباتات.

هـ- قياس كمية الكلوروفيل

تستند طريقة قياس محتوي الكلوروفيل Chlorophyll content إلي العلاقـــة الطردية بين محتوي الكلوروفيل في أوراق النباتات وكمية المواد العضوية التي تتكون خلالها عملية البناء الضوئي، وعن طريق حساب كمية الكلوروفيل الموجـــودة في النباتات في مساحة محددة من الأرض خلال زمن معلوم يمكن التعبير عن إنتاجيـــة النظام البيئي، إلا أن طريقة قياس الكلوروفيل غالبا ما تستخدم لتقـــدير إنتاجيـــة العوالق النباتية في النظم البيئية المائية.

و- قياس الكربون المشع

في هذه الطريقة يضاف الكربون المشع في صورة كربونـــات إلي الوســـط الذي تنمو فيه النباتات وبعد فترة محددة من الزمن يتم تقدير كمية الكربون المشع التي اختزنتها النباتات خلال عملية البناء الضوئي.

وعند دراسة الإنتاجية يجب أن تؤخذ في الاعتبار المقادير التي تُفقد في تحلُّل الأجزاء التي ماتت وتحلَّلت والتي أكلتها الحيوانات. كما يجب أن يراعى في أخـــذ العينات أن يكون حجم المربع الذي يستخدم في الدراسة وأعداد المربعات عشوائية،

ويجب أن تكون أعدادها كبيرة بحيث تكون النتائج قابلة للتحليل الإحصائي وذات دلائل معنوية مقبولة، وفي دراسة بعض مناطق الأعشاب وجد أن عدد ٣٠ مربع مساحة كل منها ٠,٢ متر مربع هي أنسب عينات للحصول على نتائج مرضية، أما في الصحاري فإن مساحة المربع قد تصل إلى ١٠٠ متر مربع حتى نحصل على قراءات معبرة عن الواقع.

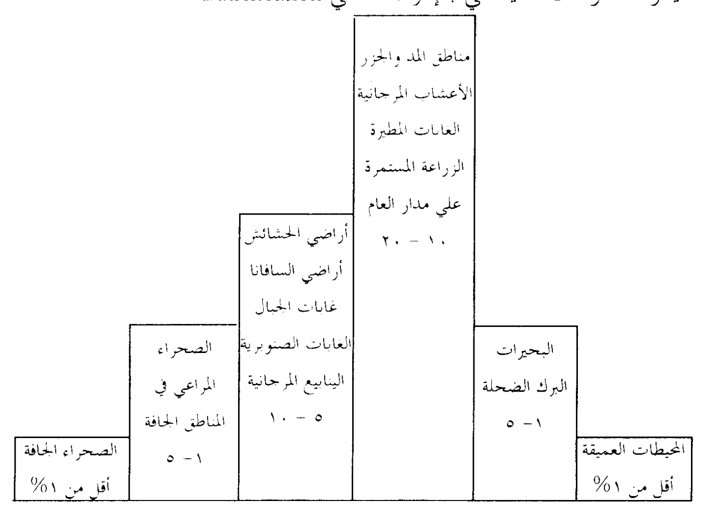
توزيع الإنتاجية الأولية على مستوى العالم

ليس لكمية الإنتاجية الأولية علاقة متينة بنوعية العناصر المنتجة أو الوسط الذي تعيش فيه هذه العناصر ولكن هذا الإنتاج يعتمد أساساً على توافر المواد الغذائية وشدة الضوء ومقدرة العناصر المنتجة على الاستفادة من الموارد المتاحة، فالأراضي الصحراوية مثلاً ضعيفة الإنتاجية لنقص الماء وإذا توافر الماء لهذه المناطق فإن إنتاجها سوف يرتفع عشرات المرات. ويوضح الرسم التخطيطي المبين في **شكل ١-٥** توزيع الإنتاج الأولي في أنظمة بيئية مختلفة والتي توجد بمناطق مختلفة من العالم والقيم الموضحة تبين الإنتاج الفعلي اليومي معبراً عنه بالجرامات من المادة العضوية الجافة في مساحة متر مربع في اليوم.

العوامل التي تؤثر علي إنتاجية النظم البيئية

تتأثر إنتاجية النظم البيئية بعدد من العوامل يختلف تأثيرها في النظم الأرضية عنها في النظم البحرية، والعوامل التي تساعد على ارتفاع الإنتاجية السنوية في النظم البيئية علي اليابسة هي ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو، وطول موسم النمو، ودرجات الحرارة المعتدلة، والخصوبة المرتفعة، وتوافر العناصر الغذائية بالتربة، أما العوامل التي تؤثر في إنتاجية النظم البحرية فأهمها شدة الضوء ووفرة المغذيات، فالمحيطات العميقة يعود ضعف إنتاجيتها إلى قلة العناصر الغذائية وضعف شدة الضوء وقلة الأملاح

المعدنية. وفي الطبقات السطحية حيث يتوفر الضوء والمواد الغذائية في الطبقات السطحية فإن الإنتاجية في الأوساط المائية تكون مرتفعة، ولشدة الضوء أثر هام علي إنتاجية النظم البيئية البحرية، ذلك لأن معدل التمثيل الضوئي للعوالق النباتية يتناسب طردياً مع كمية الضوء الساقط ومعامل اختفاء الضوء عبر كل متر من ماء البحر، أما المغذيات الأساسية التي تساعد علي زيادة إنتاجية البحار هي وفرة عنصري النيتروجين والفوسفور والسيليكون والحديد والماغنسيوم. وفي النظم البيئية في المياة العذبة كالأنهار والبحيرات العذبة يرتبط تأثير شدة الضوء بدرجة الحرارة، وفي العقود الأخيرة تبين أن إنتاجية الأنهار والبحيرات العذبة تتأثر بما يلقي فيها من ملوثات ومياة عادمة مما أدي إلي زيادة الطحالب الخضراء المزرقة علي حساب الهوائم النباتية والدياتومات وذلك ما يسمي بالإثراء الغذائي Eutrification.



شكل ١–٥: توزيع الإنتاج الأولي في أنظمة بيئية مختلفة بالعالم مقدراً بالجرام من المادة العضوية الجافة لكل متر مربع في اليوم.

الفصل الرابع

دورة العناصر النظام البيئي

مقدمة

تكمن الطاقة الموجودة في مكونات النظام البيئـي في صـورة الـروابط الكيميائية للمركبات العضوية والتي تتكون من الكربـون Carbon والهيـدروجين Hydrogen والأكسجين Oxygen والنيتروجين Nitrogen والكبريـت Sulphur والفوسفور Phosphorus، وهذه العناصر تمثل ٨٠% من العناصر المكونة لأجسام الكائنات الحية وتتحرك من المكونات غير الحية إلي المكونات الحية للنظام البيئي، ثم تعود مرة أخرى إلي الجزء غير الحي في دورة تعرف بدورة العناصر. ويختلف سريان المواد عن سريان الطاقة Flow of energy؛ فسريان الطاقة هو عمليـة ذات اتجـاه واحد، فالطاقة تدخل النظام البيئي على هيئة ضوء الشمس وتتركه على هيئة حرارة تتبـدد في الكون. ولكـن المواد تتحرك بصورة أو بأخرى عبر المكونات غير الحية بواسطة عمليات فيزيائية مثل التعرية والترسيب والتبخر وهطول الأمطـار، وعـبر مستويات الكائنات الحية في النظام البيئي على شكل نظم دائرية كاملـة تعـرف بالدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical cycles وهذه تسمية طويلة تعني أن كلاً من الكائنات الحية -Bio ومواد التربة -Geo ترتبط بدورة العناصر الكيميائية.

ومن المعلوم أن النباتات تحصل على ثاني أكسيد الكربون والأكسجين من الهواء، وعلى العناصر المعدنية من التربة، وتستخدم هـذه المـواد لإنتـاج المـواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينـات والأحمـاض النوويـة، وعنـدما تتغـذي المستهلكاتُ علي النباتات فإنها تحصل على هذه المركبات العضوية التي يتكون منها جسم النبات، وهكذا تنتقل المواد العضوية إلي المستهلكات، وعندما تتحلل أجسام

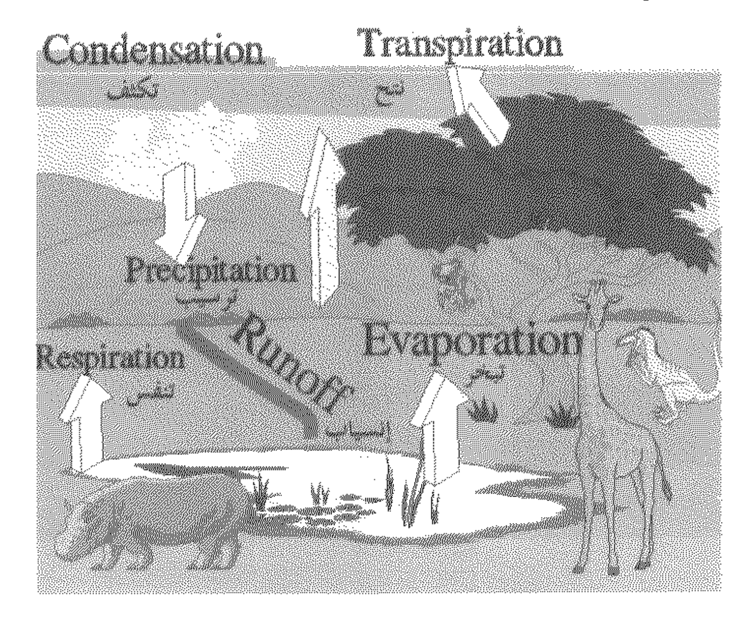
النباتات والحيوانات تنتقل الطاقة من أجسامها إلي المحللات، وتعود هذه المركبات مرة أخرى إلي الجزء غير الحي من النظام البيئي عن طريق الأجسام الميتة للنباتات (المنتجات) وإخراج وإفرازات المستهلكات والمحلّلات وأجسامها الميتة، ويعتبر ذلك مظهراً من مظاهر وظيفة النظام البيئي وهو سريان المواد Cycling of materials.

تنقسم الدورات البيوجيوكيميائية إلي مستودعين Pools؛ يسمي أحدهما مستودع التخزين Reservoir pool ويمثل الجزء الأكبر من الدورات ويحدث في المكون غير الحي من النظام البيئي كالهواء والمحيطات والتربة وتكون حركة العناصر به بطيئة، ويسمي الآخر مستودع الدوران Cycling reservoir ويمثل الجزء الأصغر الأكثر نشاطاً من الدورات وتنساب فيه المواد بين الكائنات الحية، وتختلف العناصر في سرعة دورانها، فمنها ما هو سريع مثل العناصر التي توجد غالبا في صورة مركبات غازية مثل (الماء والكربون والنيتروجين) ومستودع تخزينها الرئيسي الجو والمحيطات، ومنها ما هو بطيئ الحركة وتتمثل بعناصر توجد أغلبها في صورة مركبات رسوبية مثل الفوسفور والكبريت.

دورة الماء

تغطي مياة البحار والمحيطات حوالي ٧٠% من مساحة الأرض، وتعتبر دورة الماء أو الدورة الهيدرولوجية Hydrological cycle أهم دورة للمواد بالنظام البيئي، حيث يرتبط تحرك كثير من العناصر بحركة الماء مثل الفوسفور Phosphorus والكالسيوم Calcium. والدورة الهيدرولوجية يمكن إيجازها في حركة الماء بين البحر والأرض والغلاف الجوي، والنمط الرئيسي لهذه الدورة هو أن بخار الماء بالهواء يسقط على هيئة أمطار وندى وفي بعض الأحيان على هيئة ثلوج، ويعود بعض الماء إلي الغلاف الجوي عن طريق البخر والنتح، وتحتفظ التربة بكمية من الماء وتفقد

الجزء الأكبر عن طريق الانسياب السطحي أو الأنهار أو الرشح إلي أسفل لتكوين الماء الأرضي (المياة الجوفية) Underground water (**شكل ١-٦**).

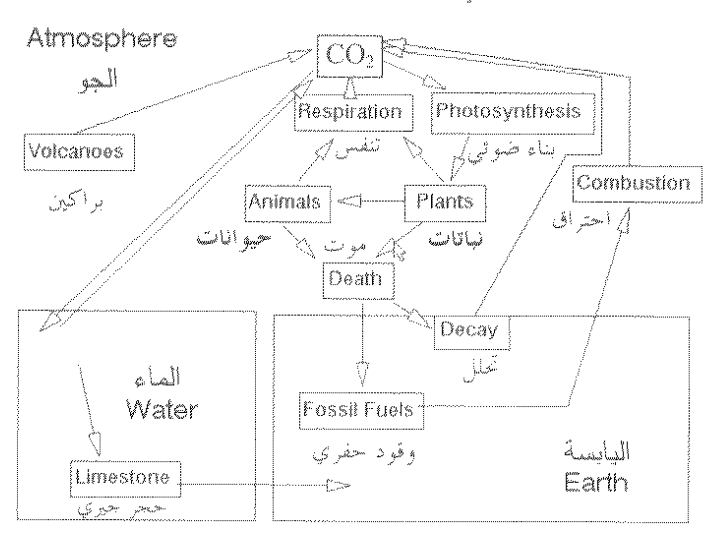


شكل ١-٦: رسم تخطيطي لدورة الماء في النظام البيئي.

دورة الكربون

يوجد الكربون في صورة غازية في الجو علي شكل ثاني أكسيد الكربون وفي صورة مواد سائلة في خلايا الكائنات الحية والماء، كما يوجد في صورة مواد صلبة في طبقات الصخور الجيرية في التربة وقاع البحار، وترتبط دورة الكربون في النظام البيئي Carbon cycle بعمليتي البناء الضوئي والتنفس، فثاني أكسيد الكربون في الهواء يُمتص بواسطة النبات ويستخدم لبناء المواد الكربوهيدراتية والدهون

والبروتينات، ويعود بعضه مرة أخرى إلي الهواء من خلال عملية التنفس التي تستخدم بواسطتها النباتاتُ والحيواناتُ هذه المركبات للحصول على الطاقة، والبعض الآخر تحتفظ به هذه الكائنات في أجسامها، وكما تحصل المستهلكات الأولية على الكربون عندما تأكل النباتات فإن المستويات الأعلى تحصل عليه عندما تستخدم المستويات الأقل في السلسلة الغذائية طعاماً لها، وعندما تموت النباتات والحيوانات تتحول أجسامها في التربة إلي وقود حفري Fossil fuel مثل الفحم والبترول ينطلق منه ثاني أكسيد الكربون مرة أخري إلي الجو عند احتراقه للحصول علي الطاقة، كما ينطلق الكربون من البراكين والينابيع المعدنية ويوجز **شكل ١-٧** دورة الكربون في النظام البيئي.



شكل ١-٧: رسم تخطيطي لدورة الكربون في النظام البيئي.

وتعمل المحلّلات على الأجسام الميتة وإفرازات النباتات والحيوانات وتحصل منها على الكربون، وتقوم جميع المستهلكات والمحلّلات بعملية التنفس التي تعيد ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء والماء، وعندما يذوب ثاني أكسيد الكربون في الماء يتحد بعضه مع الماء لتكوين الكربونات والبيكربونات، والكربونات ليست سهلة الذوبان في الماء ولكنها تترسب في قاع البحيرات والمحيطات في شكل حجر جيري Limestone، وقد يتم التفاعل بصورة عكسية، بحيث يبقى تركيز ثاني أكسيد الكربون في الماء والهواء بصورة ثابتة تقريباً، فإذا قل ثاني أكسيد الكربون في الماء تحللت الكربونات والبيكربونات لينطلق ثاني أكسيد الكربون، أما إذا زاد ثاني أكسيد الكربون في الماء تذوب منه كمية أكبر، لتتكون الكربونات والبيكربونات.

دورة النيتروجين

يشكل النيتروجين نحو ٧٩% من الهواء الجوي، إلا أنه يوجد في الهواء كغاز خامل لا تستفيد منه الكائنات الحية. ومن خلال عملية تثبيت النيتروجين Nitrogen fixation يتحول إلى مركبات نيتروجينية تذوب في الماء ويمتصها النبات ليستفيد منها في بناء جسمه. وتتم هذه العملية بفعل البرق في الأيام الممطرة، حيث يسبب الشرر الكهربائي الناتج عن البرق اتحاد النيتروجين مع الاكسجين فتتكون أكاسيد نيتروجينية تذوب في ماء المطر حيث تتحول في التربة بوساطة بكتريا النيتروباكتر *Nitrobacter* إلى نترات. ويثبت النيتروجين في التربة أيضاً بوساطة بعض أجناس من البكتريا مثل كلوستريديم *Clostridium* وأزوتوباكتر *Azotobacter* وبعض الطحالب Algae في صورة مركبات عضوية يمتصها النبات، كما تقوم بكتريا العقد الجذرية، التي تعيش في جذور النباتات البقولية - وهي من

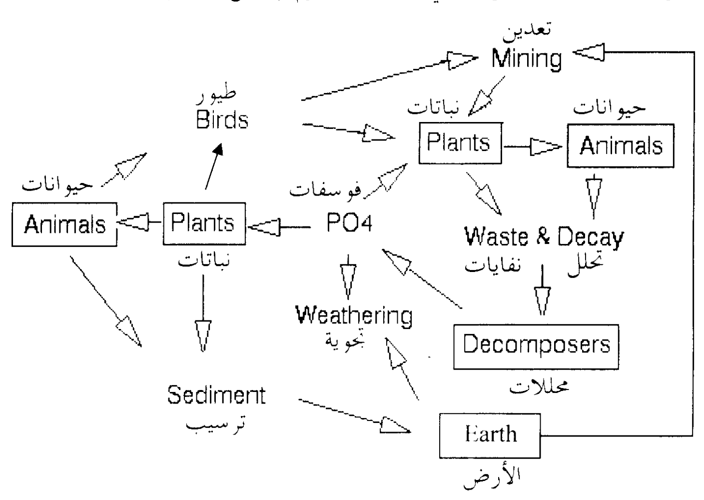
جنس ريزوبيم *Rhizobium* - بتثبيت النيتروجين في صورة أحماض أمينية تستفيد منها النباتات لتخليق البروتينات، والنيتروجين عنصر ضروري لحياة الكائنات الحية، حيث يدخل أيضا في تركيب الأحماض النووية وهي مادة الجينات.

وتنتقل المركبات النيتروجينية من النباتات إلي الحيوانات الآكلة للعشب ومنها إلي آكلات اللحوم، وتعود المركبات النيتروجينية إلي التربة مرة أخرى في صورة مخلفات الحيوانات وأجسام النباتات والحيوانات الميتة، حيث تتحلل بفعل الكائنات الدقيقة في التربة إلي مركبات نيتروجينية بسيطة تمتصها النباتات، من بينها النشادر الذي يذوب في الماء ويمتص بواسطة النباتات والكائنات الدقيقة حيث يتحول إلي أحماض أمينية يتحد بعضها مع بعض لتكوين البروتينات، وينطلق النيتروجين من بعض بكتريا التربة إلي الهواء مرة أخرى ليشكل مع النيتروجين المتصاعد من البراكين غاز النيتروجين في الهواء الجوي، وبذلك تستمر دورة النيتروجين في الطبيعة (**شكل ١-٨**).

شكل ١-٨: رسم تخطيطي لدورة النيتروجين في النظام البيئي.

دورة الفوسفور

الفوسفور من أهم العناصر اللازمة لحياة النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة؛ إذ يدخل في تركيب كثير من المركبات الهامة في الكائنات الحية كالأحماض النووية وكثير من الإنزيمات والمركبات الناقلة للطاقة مثل الأدينوسين ثلاثي وثنائي وأحادي الفوسفات، كما تشكل الدهون الفوسفاتية جزءا هاماً من الغشاء البلازمي للخلايا الحية، ويدخل الفوسفور كذلك في تركيب عظام وأسنان وأصداف الحيوانات. يوجد الفوسفور Phosphorus في صورة صخور فوسفاتية في الأرض، ونتيجة لتفتت هذه الصخور من خلال عمليات التجوية Weathering ينتقل الفوسفور في صورة مركبات غير عضوية إلي التربة التي تنمو بها النباتات، كما يضاف إلي التربة كأسمدة عضوية، وتمتص النباتات الفوسفور من التربة لتستفيد منه في بناء جسمها وينتقل منها إلي الحيوانات آكلة العشب ومنها إلي آكلات اللحوم (**شكل ١-٩**).



شكل ١-٩: رسم تخطيطي لدورة الفوسفور في النظام البيئي.

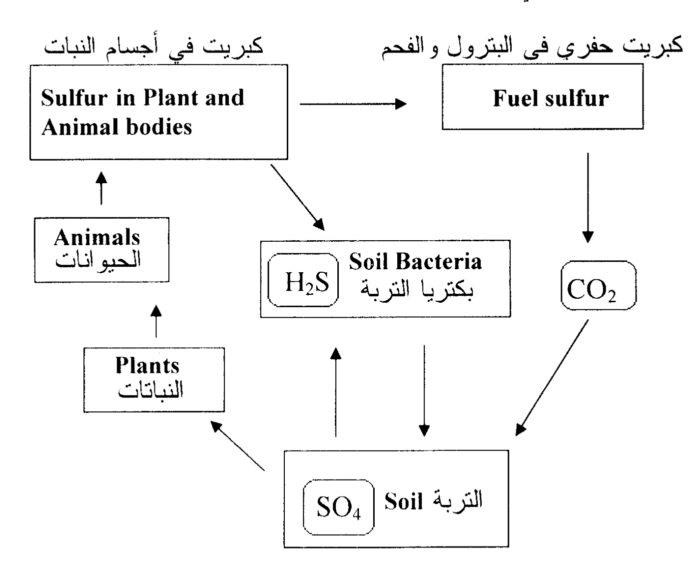
ويعود الفوسفور إلي الأرض ضمن مخلفات الحيوانات وأجسام النباتات والحيوانات الميتة، وبتحلل هذه الأجسام تنتج مركبات فوسفاتية قابلة للذوبان في ماء التربة حيث يمتصها النبات مرة أخرى، أما بعض المركبات غير العضوية فتترسب في الأرض ثم تصير إلي معادن فوسفاتية، وفي البحار والمحيطات تحصل كائنات بحرية نباتية وحيوانية أهمها الطحالب والأسماك على حاجتها من الفوسفات من المركبات الفوسفاتية الذائبة في مياه البحار، وتتغذى بعض الكائنات البرية والطيور البحرية على الكائنات البحرية فتنتقل إليها مركبات الفوسفور، ومن هذه الكائنات يعود الفوسفور مرة أخرى إلي الأرض في شكل مخلفات حيوانية وأجسام نباتية وحيوانية ميتة، وهكذا تستمر دورة الفوسفور التي يوضحها **شكل ١-٩**.

دورة الكبريت

تكمن أهمية الكبريت للكائنات الحية في أهميته لتخليق كثير من البروتينات وتنشيط بعض الإنزيمات ولدوره في تفاعلات إزالة المواد السامة من الجسم. يوجد الكبريت فى شكل عنصر الكبريت ومركبات كبريتية، وللكبريت في الطبيعة عدة مصادر أهمها التعرية الجوية للصخور المحتوية علي الكبريت والبراكين وتحلل المواد العضوية في التربة بواسطة بكتريا الكبريت حيث ينطلق كبريتيد الهيدروجين الذي يتأكسد لاحقاً إلي كبريتات الأمونيوم، كما ينطلق غاز ثاني أكسيد الكبريت من المصانع ووسائل النقل ويتفاعل مع ماء المطر ويسقط مع ما يسمي أحماض حمضية.

وللكبريت في النظام البيئى دورة متكاملة حيث تمتص النباتات الكبريتات SO_4 من التربة ثم تنقلها إلي الحيوانات، وينتقل الكبريت من تحلل أجسام النباتات والحيوانات الميتة مرة أخري إلي بكتريا التربة ليتحول تحت الظروف غير الهوائية بواسطة بكتريا الإختزال مثل *Sporovibrio* إلي كبريتيد الهيدروجين H_2S وهو مادة

سامة كريهة الرائحة ضارة بالأثاث والمباني، وتحت الظروف الهوائية يتأكسد كبريتيد الهيدروجين في محلول التربة بواسطة بكتريا أكسدة الكبريت المسماة ثيوباسيلس *Thiobacillus* إلي كبريتات تمتصها النباتات، كما يتحول الكبريت العضوي في أجسام النباتات والحيوانات الميتة إلي مركبات كبريتية حفرية في الفحم والبترول تتحول بالأكسدة إلي ثاني أكسيد الكبريت SO_2 يتساقط مع ماء المطر ويتحول في محلول التربة إلي كبريتات تمتصها النباتات ومنها تنتقل إلي الحيوانات لتبدأ دورة جديدة في النظام البيئي (**شكل ١-١٠**).



شكل ١-١٠: رسم تخطيطي لدورة الكبريت في النظام البيئي.

الفصل الخامس

أمثلة لبعض النظم البيئية

مقدمة

تنقسم الأوساط البيئية علي الكرة الأرضية إلي نوعين رئيسيين هما الوسط البيئي المائي Aquatic habitat والوسط البيئي الأرضي Terrestial habitat، وتوجد نظم بيئية متكاملة وفعالة في أية مساحة من الكرة الأرضية، إلا أن النظم المائية تختلف في مكوناقما والعلاقات المتبادلة بينها عن النظم التي توجد علي اليابسة، وبالطبع تتنوع النظم الطبيعية المائية بين بيئة المياة العذبة Fresh water habitat والبيئة البحرية Marine habitat ، كذلك تختلف النظم البيئية في المناطق المختلفة علي اليابسة كما في الصحاري، وأراضي الحشائش والمراعي والغابات، وسوف نضرب مثالين للنظم البيئية أحدهما عن البيئة المائية والآخر عن البيئة اليابسة.

النظم البيئية البحرية

من الممكن دراسة مواقع محددة من البحار والمحيطات كأنظمة بيئية قائمة بذاقما، إلا أنه يمكن اعتبار البحار والمحيطات نظاماً بيئياً تتشابه فيه صور الحياة إلي حد كبير في أنماطها ومتطلبات حياقما والعلاقات المتبادلة بينها، وتنقسم الكائنات الحية في مياة البحار والمحيطات **إلي عدة مجموعات أهمها**:-

١- الهوائم أو العوالق

تضم الهوائم أو العوالق Planktons مجموعات عديدة من مختلف الكائنات الحية يقدر عددها بالملايين في الموقع الواحد، وتضم الهائمات النباتية ذاتية التغذية، والتي تستخدم الضوء في تصنيع غذائها من خلال عملية البناء الضوئي، وهي

المنتجات الأساسية في البحار والمحيطات وأهم مجموعاتها هي الطحالب الهائمة على سطح البحار وتلك التي تنمو على عمق أقل من ٢٠٠ متر من سطح الماء وتسمى العوالق النباتية Phytoplanktons، والمنطقة التي تعيش فيها هذه الكائنات تسمى المنطقة الأوقيانوسية Pelagic zone ويصل عمقها حتى ٢٠٠ متر ويتخللها الضوء بما يكفي لمعيشة الهائمات النباتية، وعلاوة على الهائمات النباتية تعيش هائمات حيوانية Zooplanktons تعتمد في حياتها على الهائمات النباتية.

٢- السابحات

السابحات Nektons هي كائنات تعيش سابحة بأعداد ضخمة في مياة البحار والمحيطات وتتغذى على العوالق النباتية أو الحيوانية؛ أي أنها تضم مستهلكات من الدرجتين الأولى والثانية، وتضم هذه الكائنات الأسماك والقشريات وبعض الحيوانات البحرية، مثل الأخطبوط وكلاب البحر التي تتغذى على الأسماك وبعض الكائنات البحرية الأخرى.

٣- القاعيات

القاعيات Benthos هي الكائنات التي تعيش في المناطق العميقة بالمحيطات التي يصل عمقها إلي أكثر من ١٠٠٠ متر والمعروفة بالسهل القاعي Abyssal plain. وتضم هذه الكائنات أسماكاً وحيوانات بحرية شديدة الافتراس لها فتحة فم واسعة وأسنان حادة، وقد تأقلمت هذه الكائنات على الحياة في أعماق البحار السحيقة فهي تتحمل ضغط الماء المرتفع وبها أعضاء حس خاصة تميز الفريسة عن العدو، كما يوجد منها بعض الأسماك التي تطلق أشعة مضيئة تختلف في أشكالها وألوانها باختلاف أنواعها، وتستخدم هذه الأشعة للدفاع وكوسيلة لتمييز الذكور عن الإناث عند التزاوج.

٤ – الكائنات الملتصقة

تعيش بعض الكائنات ملتصقة بصخور ما يسمي الرصيف القاري Continental shelf أسفل المنطقة المضاءة غالباً، وتشمل كائنات نباتية مثل الطحالب البنية والحمراء وكائنات حيوانية مثل المرجان الذي ينمو في تجمعات كثيفة تعرف بالشعاب المرجانية.

النظم البيئية الأرضية

يوجد على اليابسة عدة مناطق أحيائية Biomes تختلف في مكوناهما وأشكالها وتوزيعها الجغرافي تحددها الظروف البيئية وخاصة عوامل المناخ كدرجة الحرارة وكمية الأمطار، وقد نشأت نظم بيئية أرضية طبيعية Natural ecosystems من أمثلتها الصحاري، وأراضي الحشائش والمراعي والغابات ومنها غابات المناطق الإستوائية والغابات النفضية والتاندرا والسافانا، وغيرها.

الصحراء كنظام بيئي

تتميز الصحاري بندرة الأمطار وقلة كمياهّا، والأمطار التي تسقط على المناطق الصحراوية موسمية وتهطل على شكل رخات لوقت قصير ويضيع معظم مائها بالانسياب السطحي فلا تستفيد منه التربة بسبب تبخره نتيجة درجة الحرارة المرتفعة، ويقتصر نمو النباتات على موسم الأمطار.

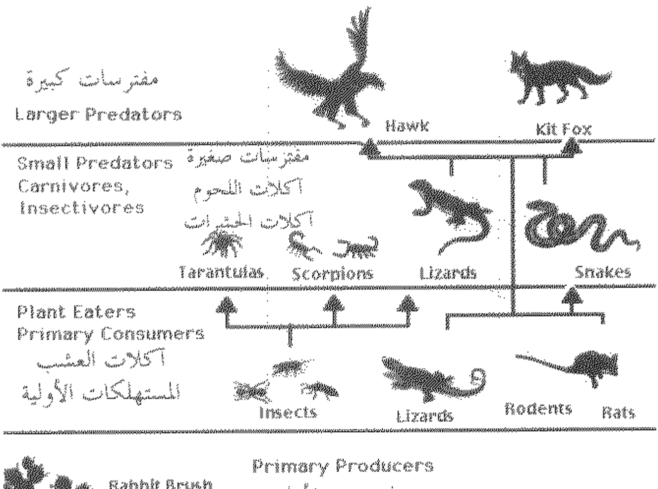
والنباتات التي تنمو في الصحراء أغلبها حولية تنبت بذورها فور سقوط المطر وتنمو وتزهر وتتم دورة حياتها في فترة قصيرة وتختفي بعد أن تترك بذورها في التربة لموسم الأمطار التالي، وتنمو أيضاً بعض النباتات المعمرة التي تنتعش وتزهر عقب موسم الأمطار إلا أنها سرعان ما تزوى مرة أخرى فتجف أجزاؤها الخضرية إلا أن أجزاءها الأرضية وبراعمها الكامنة تبقى حية لتعاود النمو مرة أخرى عقب

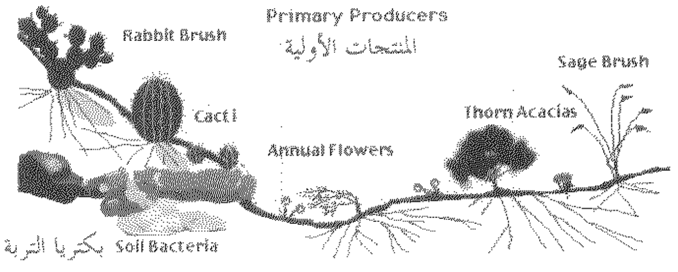
موسم المطر التالي، والنباتات الصحراوية بصفة عامة ضئيلة الحجم وتنمو متباعدة وتختلف في أشكالها وسبل تأقلمها مع الظروف المناخية القاسية بالصحاري، فمنها ما يختزن الماء في أوراق غضة مغطاة بأدمة سميكة وطبقة شمعية كالحَرْمَل والعشار *Calotropis* والصبار *Aloe* ، أو في أوراق عصارية كالرطريط *Zygophyllum*، أو في سيقان عصارية كالتين الشوكي *Opuntia*، ومنها نباتات تأقلمت بتقليل عدد أوراقها وتصغير حجمها لتقليل النتح مثل الأكاشيا (السنط) *Acacia*، أو تحوير أوراقها أو أطراف سيقانها إلي أشواك كالعاقول *Alhagi*، وكثير من النباتات الصحراوية ذات تراكيب أرضية كالأبصال والكورمات والريزومات، ومن النباتات المنتشرة في الصحاري العربية الطلح والسيال وهي أنواع من الأكاشيا تنمو على جوانب وديان الصحراء الجافة وتتفرع جذورها في أعماق التربة للحصول على الماء.

ومن الناحية التشريحية فإن النباتات الصحراوية ذات خلايا صغيرة الحجم سميكة الجدر إذا قورنت بالنباتات الوسطية وتزداد بها التغلظات الثانوية في الطبقات الخارجية كما تتغطي سطوح أوراقها بزوائد لإبعاد تيارات الهواء، الأمر الذي يقلل من فقد النبات للماء، ومن الناحية الفسيولوجية فهذه النباتات تقاوم الذبول عن طريق زيادة الضغط الأسموزي وذلك برفع قدرتها على امتصاص الماء ومقاومة فقده. وقد أثبتت بعض التجارب أن النباتات الصحراوية تعاني من الذبول عندما تفقد ٨-٢٥% من محتواها المائي مقارنة بنسبة ٢% في النباتات الوسطية.

وحيوانات الصحراء قليلة في أنواعها وأعدادها وفيما عدا الإبل فإن حيوانات الصحراء ذات أحجام صغيرة، وقد تكيفت تلك الحيوانات على الحياة في الصحراء بسبل مختلفة تجعلها تقلل احتياجها للماء. ومن هذه الحيوانات القوارض الحجرية التي تعيش تحت سطح التربة، وكذلك الزواحف والسحالي التي تقاوم جلودها فقد الماء، كما تعيش في الصحراء أنواع من العناكب تختفي من حرارة

الجو تحت الصخور وفي أنفاق تحت التربة الرملية وأسفل النباتات. كما تعيش بعض أنواع النمل كبير الحجم، تتغذى على بذور النباتات، وتعيش بالصحراء أنواع قليلة من الطيور والعقارب وكثير من الفراشات والحشرات الصغيرة، ونظراً لحرارة الجو وجفافه نهاراً فإن نشاط الحيوانات الصحراوية يتوقف في وسط النهار فهي لا تزاول نشاطها إلاّ في الصباح وقبل الغروب والكثير منها يمارس نشاطه لـيلاً، ويوضـح **شكل ١-١١** مكونات النظام البيئي وشبكة الغذاء في بيئة صحراوية.





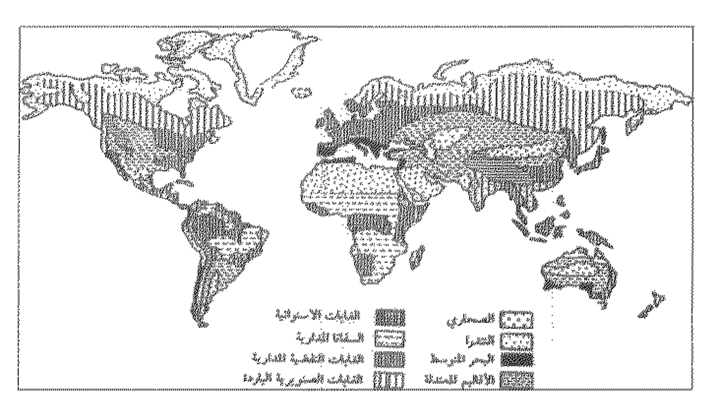
شكل ١-١١: رسم تخطيطي لمكونات وشبكة الغذاء في نظام بيئي صحراوي.

الفصل السادس

الأقاليم الجغرافية النباتية

الأقاليم الأرضية

يوجد على اليابسة عدة أقاليم أحيائية Biomes تختلف في مكوناتها وأشكالها وتوزيعها الجغرافي تحددها الظروف البيئية وخاصة عوامل المناخ كدرجة الحرارة وكمية الأمطار (**شكل ١-١٢**)، وهذه الطرز تمثل نظماً بيئية مختلفة علي سطح الكرة الأرضية أهمها التندرا Tundra في المناطق الباردة الشمالية، والغابات الصنوبرية الباردة والغابات النفضية والغابات المعتدلة متساقطة الأوراق والغابات الإستوائية المطيرة Tropical rain forest ومناطق أراضي الحشائش Grassland المعتدلة ومناطق مناخ البحر الأبيض المتوسط ومنطقة السافانا المدارية Savanna والصحاري Deserts وهي تغطي جزءاً كبيراً من اليابسة وبصفة خاصة في أفريقيا وآسيا وأستراليا.



شكل ١-١٢: رسم تخطيطي للأقاليم النباتية علي سطح الأرض.

التوزيع الجغرافي للأقاليم النباتية

طبقا لقواعد الجغرافيا النباتية تنقسم الكرة الأرضية إلى ستة أقسام تتفق إلى حد كبير مع المناطق البيئية الأحيائية Biomes الرئيسية على الأرض، وتستند إلى حد كبير على توزيع النطاقات الحرارية في العالم، بل أن تلك النطاقات الحرارية هي التي تحدد التوزيع الجغرافي للمناطق البيئية الأحيائية على اليابسة، حيث تتميز كل منطقة من هذه المناطق بنوع خاص من الكساء الخضري والأقسام المناخية.

١- المنطقة شديدة البرودة

تغطي المنطقة شديدة البرودة Very cold region شمال خط عرض ٦٦ درجة شمالا في الغرب وخط عرض ٥٥ شمالا في الشرق، شتاؤها شديد البرودة طويل وصيفها بارد قصير وكمية الأمطار بها قليلة صيفا وفي الشتاء تتجمد مياه الأمطار، المعدل السنوي للأمطار حوالي ٤٨٠ مم تمثل الثلوج الشتوية منها حوالي ٢٧% منها والأمطار الشتوية حوالي ٧٣%. وتكاد تخلو المنطقة شديدة البرودة من النباتات إلا من بعض النباتات البسيطة مثل بعض الطحاب والأشن والسراخس وبعض النباتات القزمية ذات الأزهار الجميلة، ونظرا لندرة النباتات في هذه المنطقة فإنها تسمى بالصحاري الباردة، ويعيش بها سكان يطلق عليهم الاسكيمو.

٢- المنطقة الباردة

تقع المنطقة الباردة Cold region جنوب المنطقة شديدة البرودة وتمتد جنوبا حتى خط عرض ٦٠ شمالا من الغرب و٥٠ شمالا من الشرق، شتاؤها بارد طويل لا تتعدى درجة الحرارة به ٤°م وصيفها معتدل قصير تصل درجة الحرارة به إلى ١٠°م وكمية الأمطار بها قليلة يبلغ متوسطها السنوى ٢٠٠مم يسقط منه حوالي ٨٨% صيفاً و١٢% شتاءاً في شكل ثلوج. تنمو في هذه المنطقة بعض أشجار الصنوبر

وتغطي أجزاء شاسعة منها بما يسمي غابات الأشجار الرخوة Soft wood forests.

٣- المنطقة المعتدلة الباردة

تمتد المنطقة المعتدلة الباردة Cold temperate region في نصف الكرة الشمالي شمال خط عرض ٤٠ شمالاً وفي نصف الكرة الجنوبي جنوب خط عرض ٤٥ جنوباً، شتاؤها بارد جاف قصير وصيفها معتدل ممطر يصل متوسط أقل درجة حرارة -١٥°م ومتوسط أعلي درجة حرارة ١٥°م، يتراوح متوسط المطر السنوي بين ٣٧٥ و١٤٩٥مم يسقط منها ٨٣% صيفاً، تنمو بالمنطقة المعتدلة الباردة غابات أشجار متساقطة الأوراق مثل الحور *Populus* كما تنمو غابات الصنوبر في بعض جبال أمريكا وفي بعض مناطق أستراليا ونيوزيلاندا التي تسمى شبه صحراء Semei-Desert تنمو بعض الأعشاب.

٤- المنطقة المعتدلة الدافئة

تمتد المنطقة المعتدلة الدافئة Warm temperate region شمال خط ٣٠ شمالا من الغرب و٢٥ شمالا من الشرق، شتاؤها بارد متوسط درجة حرارته ٨°م وصيفها معتدل جاف ومتوسط درجة الحرارة به ٢٠°م، تنقسم هذه المنطقة إلي منطقتين هما منطقة البحر الأبيض المتوسط في الغرب ووسط آسيا في الشرق. تتميز منطقة البحر المتوسط بكساء خضري متوسط بين الغابات والصحاري، وتنمو بها بعض الأشجار مثل الزيتون Olive والبلوط Oak والكستناء Chestnut كما تنمو الصنوبريات علي سفوح المنحدرات. وفي بعض المناطق بمنطقة البحر المتوسط تنمو بعض الأعشاب مثل اللافندر Lavender، أما المنطقة الشرقية في وسط آسيا فتسقط بها أمطار غزيرة صيفاً تسبب نمو غابات ذات أشجار دائمة الخضرة لها أوراق عريضة تسمي غابات الخشب الجاف Hard wood forests مثل المانوليا *Magnolia* والكافور *Eucalyptus* وفي بعض المناطق تنمو غابات الغاب (البامبو) Bamboo.

٥- المنطقة القارية المعتدلة

ليس للمنطقة القارية المعتدلة Temperate continental region موقع ثابت ولكنها تقترب من المناطق الدافئة، وتتميز بمناخ قاري دافئ إلي حار صيفا بارد إلي بارد جداً شتاءاً، وتتراوح كمية الأمطار بها بين ٣٧٥مم و٥٢٥مم إعتماداً علي القرب والبعد عن البحر، تسقط ٧٠% منها في فصل الصيف و٣٠% في فصل الشتاء بعضه في شكل ثلوج. تنقسم المنطقة القارية المعتدلة إلي منطقتين؛ تسمي إحداهما المنطقة القارية المعتدلة الباردة وتسمي الأخري المنطقة القارية المعتدلة الدافئة، تتميز المنطقة القارية المعتدلة بنمو الغابات في بعض أماكنها لكن الظروف المناخية السائدة بها تساعد علي نمو الأعشاب والحشائش الغزيرة التي تسمي مناطق الاستبس Steppe في آسيا وحشائش البراري Prairies في أمريكا الشمالية والبامباس Pampas في أمريكا الجنوبية، وفي كل هذه المناطق يعتمد ارتفاع الأعشاب وغزارتها علي كمية الأمطار التي تسقط صيفاً.

٦- المناطق الحارة

تمتد المناطق الحارة Hot region شمال وجنوب خط الإستواء حتي خط عرض ٣٠ في الغرب وخط عرض ٢٥ في الشرق، **وتنقسم إلي خمس مناطق هي:-**

أ- المنطقة الإستوائية ذات الرياح الموسمية Tropical monsoon region، وتوجد في جنوب شرق آسيا وجبال الهيمالايا والآسام في الهند وشمال أستراليا وهضاب إثيوبيا، وفي هذه المناطق الحارة حيث تكون الأرض ساخنة والضغط الجوي منخفض خلال فصل الصيف تنجذب الرياح الموسمية من جهة الشواطئ بما يؤدي إلي سقوط أمطار موسمية غزيرة يصل متوسطها السنوي إلي ١٩٩٠مم، وفي جبال الآسام قد يصل معدل الأمطار حتي

١٣٥٠٠مم. يسود هذه المناطق غابات كثيفة تنمو بها أنواع عديدة من النباتات دائمة الخضرة، وفي بعض الأماكن التي يقل بها تساقط الأمطار تنمو أشجار متساقطة الأوراق.

ب–المناطق الإستوائية الساحلية Tropical maritime regions وتقع على الحواف الشرقية للقارات، ولا يوجد بها اختلافات كبيرة في درجة الحرارة بين فصلي الصيف والشتاء، بما يشير إلي الدور الرئيسي للبحار والمحيطات في جعل درجة الحرارة ثابتة طول العام، يصل معدل الأمطار السنوي بهذه المناطق حوالي ٢٠٠مم تسقط علي مدار العام، وتتغطي بكساء خضري كثيف من أشجار الأخشاب الصلبة دائمة الخضرة.

جـ- الصحاري الحارة Hot deserts وتقع في مواجهة المناطق الإستوائية الساحلية بالقارات، شتاؤها قصير معتدل الحرارة وصيفها طويل حار والمطر بها شحيح يصل معدله السنوي ٢٥مم، ومن أمثلة هذه الصحاري؛ الصحراء الكبري بالقارة الأفريقية والتي تمتد من المحيط الأطلسي غربا حتي البحر الأحمر شرقاً ثم تمتد إلي الصحراء العربية في السعودية والعراق حتي تصل إلي حدود الصحراء المعتدلة في آسيا، أي أن معظم البلدان العربية تقع في الحزام الصحراوي في شمال أفريقيا وغرب آسيا، وتوجد صحاري أيضاً جنوب إيران وأجزاء من أفغانستان وباكستان والهند. ومن أمثلة الصحاري الحارة أيضا صحراء كالاهاري Kalahari في جنوب أفريقيا وصحاري أتاكاما Atacama وبيروفيان Peruvian في جنوب أمريكا، وتشكل الصحراء ٤٤% من مساحة أستراليا وأجزاء كبيرة من جنوب الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك. وتكاد الصحاري الحارة أن تخلو من النباتات إلا من بعض النباتات الشوكية الجافة مختزلة الأوراق أو ذات الأوراق العصيرية، وعند

سقوط رخات من المطر تنمو بعض النباتات الحولية قصيرة العمر جميلة الأزهار تسمي حوليات موسمية Ephemerals.

د- المنطقة الإستوائية القارية Tropical continental region وتسمي أيضا بالمنطقة المدارية، ولأنها تقع في شرق أفريقيا تسمي المنطقة السودانية، وتتميز بفصل مطير (الصيف) وفصل جاف (الشتاء) بمتوسط سنوي ٦٤٥ مم يسقط منها ٩٩% في فصل الصيف، وتصل أقصي درجات الحرارة في شهر أبريل (٣٣°م) ثم تنخفض خلال المدة من مايو حتي أغسطس نتيجة السحب الكثيفة، أما أبرد الشهور فهو يناير بمتوسط درجة حرارة ٢٤°م. يساعد سقوط الأمطار في هذه المنطقة علي نمو الأعشاب والحشائش الطويلة والشجيرات وبعض الأشجار فيما يسمي أراضي السافانا.

هـ- أراضي خط الإستواء Equatorial lands وتقع بين خط عرض ٥ شمال وجنوب خط الإستواء ويسودها طقس حار طول العام حيث متوسط درجة الحرارة ٢٧°م في شهرى يوليو ويناير، إلا أن الطقس متقلب يوميا فبعد صباح صحو تتكاثف السحب وتسقط الأمطار عند الظهيرة. تتغطي المناطق حول خط الإستواء بكساء خضري كثيف من الغابات الإستوائية المطيرة التي تتكون **من عدة طبقات هي:-**

١- طبقة الأشجار العملاقة التي يزيد طولها عن ٥٠ متر.

٢- طبقة الأشجار العالية التي يقل طولها عن ٥٠ متر.

٣- طبقة الأشجار القصيرة والشجيرات.

٤- طبقة الأعشاب والحشائش.

٥- الطبقة الأرضية وتنمو بها حزازيات وسراخس، علي طبقة من الدوبال

المتكون من بقايا النباتات المتعفنة تنمو به بعض الفطريات.

ومن الأشجار الاقتصادية التي تنمو في الغابات الإستوائية أشجار الأخشاب الصلبة مثل الماهوجني Mahogany والأبنوس Ebony والورد Rose، كما تنمو بها بعض النباتات المتطفلة مثل الأراشيد Orchids.

الأقاليم البيئية في الوطن العربي

يقسم الوطن العربي إلى عدة أقاليم بيئية وذلك بناء على كمية الأمطار وطبيعة النباتات الموجودة بكل منها **لعل أكثرها شيوعاً الأقسام التالية:-**

١- منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط

توجد هذه المنطقة في أجزاء كثيرة من بلاد الشام وفلسطين والشريط الساحلي علي البحر المتوسط في شمال المغرب العربي وتتميز بارتفاع يتفاوت بين ١٧٥ و٥٠٠ متر فوق سطح البحر وبمتوسط درجة حرارة يتراوح بين ١٥و٢٥°م، وتهطل الأمطار بمعدل يتراوح بين ٤٠٠ و١٠٠٠ ملم سنوياً .

٢- منطقة شبة الصحراء العربية

تشمل هذه المنطقة عدة مناطق في حوض البحر الأبيض المتوسط، منها الشريط الساحلي لمصر وليبيا وبعض مناطق الأردن وتمتد حتى مناطق الصحاري العربية ويتراوح الإرتفاع فيها بين ٥٠ و٧٠٠ متر وتبلغ درجات الحرارة فيها بين ٥ و٢٥°م ومعدل الأمطار السنوي مابين ٥٠ و١٥٠ ملم.

٣- منطقة الصحاري العربية

تغطي هذه المنطقة أكثر من ٧٥% من مساحة الوطن العربي وتتميز بأنها منبسطة وبها جبال صغيرة قد تصل أحياناً إلي ارتفاعات عالية نشأت نتيجة لثوران

براكين في العصور الجيولوجية القديمة، ويتراوح الارتفاع فيها بين ٥٠٠ و١٨٠٠متر فوق سطح البحر ويتراوح معدل الأمطار بين صفر و١٥٠ ملم سنوياً بينما تتراوح درجة الحرارة بين ٥ و١٥°م كحد أدنى و١٥و٥٠°م كحد أعلى.

٤- المنطقة الإستوائية

مناخ هذة المنطقة يمتاز بالحرارة المرتفعة طوال العام وبأمطارها الصيفية الغزيرة **ويمكن تقسيمها إلي قسمين هما:-**

أ- **منطقة السفانا الغنية**: ويتراوح معدل الأمطار في هذه المنطقة ما بين ٦٠٠-١٥٠٠ ملم سنويا، وتوجد هذه المنطقة في أجزاء من السودان والصومال.

ب- **منطقة السفانا الفقيرة**: ويتراوح معدل الأمطار في هذه المنطقة ما بين ٣٠٠-٦٠٠ ملم سنويا، وتقع هذه المنطقة أيضا في أجزاء من السودان والصومال .

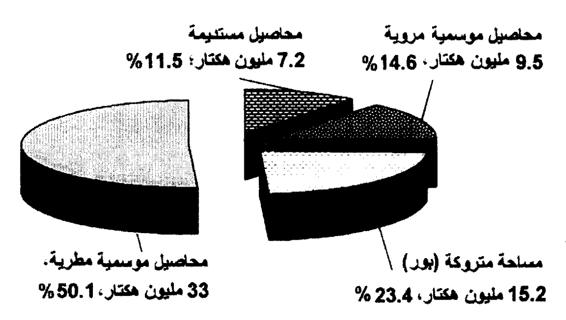
الموارد النباتية والمساحات الزراعية في الوطن العربي

يقع الوطن العربي بين أقاليم أحيائية متعددة، وقد ساعد ذلك على أن يضم كثير من الكائنات الحية بما يزيد من مخزونها الكبير من الموارد الوراثية، ونتيجة للتفاعل والتمازج بين الكائنات في المناطق الطرفية فقد نشأت أنواع جديدة واختلافات لم تكن موجودة من قبل، كذلك ساعدت الاختلافات المناخية في داخل الوطن العربي على كثرة هذه التباينات الحيوية. ومما لا شك فيه أن الموارد النباتية تأثرت بإضطراد نتيجة لهذا التباين في المناخ بين الأقاليم المختلفة في الوطن العربي، كما تأثر النشاط الزراعي من حيث المساحات المزروعة والمحاصيل المستخدمة، وتنقسم الأراضي الزراعية في الوطن العربي إلي عدة أقاليم هي الإقليم الأوسط وإقليم المغرب العربي وإقليم المشرق العربي وإقليم شبه الجزيرة العربية.

يعتبر الإقليم الأوسط أهم أقاليم الوطن العربي من حيث المساحة المزروعة

والتي بلغت خلال التسعينات من القرن العشرين ١٩,١ مليون هكتار تمثل حوالي ٣٧,٩٪ من جملة مساحة الأراضي على مستوى الوطن العربي، ويضم إقليم المغرب العربي نحو ٣٦,٦٪ من جملة المساحة المزروعة في الوطن العربي تعادل نحو ١٨,٤ مليون هكتار في المتوسط خلال التسعينات من القرن الماضي. أما في إقليم المشرق العربي فقد بلغت المساحة المزروعة حوالي ٩,٩ مليون هكتار في المتوسط سنوياً تمثل حوالي ١٩,٧٪ من نظيرتها على مستوى الوطن العربي، في حين تمثل المساحات المزروعة في إقليم شبه الجزيرة العربية أهمية نسبية تقدر بحوالي ٥,٨٪ من جملة المساحة المزروعة على مستوى الوطن العربي وقد بلغت ما يقرب من ٢,٩ مليون هكتار في المتوسط خلال العقد الأخير من القرن العشرين. مما يجدر ذكره أن هذه الأقاليم غنية بمواردها الوراثية النباتية نظراً لتنوعات العوامل المناخية بين هذه الأقاليم وفي داخل الإقليم الواحد.

أما عن نمط استغلال المساحة المزروعة في الوطن العربي فإنها تضم ١١,٥٪ محاصيل مستديمة و١٤,٦٪ محاصيل موسمية تروي بمياه الأنهار، و ٥٠,١٪ من محاصيل موسمية تروي علي مياة الأمطار بينما يبقي ٢٣,٤٪ من الأراضي بور **(شكل ١-١٣)**.



شكل ١-١٣: نمط استغلال المساحة المزروعة في الوطن العربي في عام ٢٠٠٠.

البـــاب الثانـي

بيئة المجتمعات و الجماعات النباتية

الفصل الأول: **مفاهيم و فرضيات عامة**

الفصل الثاني: **خصائص المجتمعات النباتية**

الفصل الثالث: **طرق دراسة الكساء الخضري**

الفصل الرابع: **تغير المجتمعات النباتية**

الفصل الخامس: **بيئة الجماعات النباتية**

الفصل الأول

مفاهيم وفرضيات عامة

مفهوم المجتمع الحيوي

يمكن تعريف المجتمع الحيوي Biotic community بأنه كل المكونات الحية بالنظام البيئية، ويتكون من عدد من الجماعات Populations تعيش في وسط طبيعي خاص، إلا أن المجتمع الحيوي يعتبر وحدة متكاملة له خصائص عامة من حيث التركيب ويعمل كوحدة مترابطة من حيث الوظيفة. وتعتمد طبيعة المجتمعات علي تأقلم وتكيف أفرادها مع عوامل البيئة الفيزيائية المحيطة وعلاقة الكائنات الحية مع بعضها البعض. وغالبا ما توجد حدود فاصلة بين المجتمعات إلا أن المجتمعات قد تتلاحم أحيانا في مناطق إنتقالية تعرف بمناطق التوتر البيئي Ecotones بما يسمح بامتزاج نوعين من المجتمعات كما هو الحال بين المراعي والغابات وبين الغابات والمستنقعات، وتتميز المناطق الانتقالية بوجود عدد أكبر من الأنواع كما أنها تضم أنواع ذات قدرة أكبر علي التكيف من الأنواع في المجتمعات المتجاورة.

ومن الطبيعي أن يضم المجتمع الحيوي نباتات وحيوانات متنوعة تختلف من مجتمع إلي آخر، علي سبيل المثال يتكون المجتمع الحيوي في الغابات من أشجار باسقة وأخري قصيرة كما يضم شجيرات وأعشاب وقليل من الحوليات، وحيوانات الغابة متنوعة تضم فقاريات كبيرة الحجم مثل الفيلة والأسود والغزلان ومتوسطة الحجم مثل الثعالب والأرانب وصغيرة الحجم مثل القوارض، وتضم أيضا جماعات من اللافقاريات كالقواقع والديدان والخنافس والفراش، كما تشمل كثير من الزواحف كالسحالي والأفاعي والطيور. أما في الصحاري فالنباتات أغلبها حولية تنبت بذورها فور سقوط المطر وتنمو وتزهر وتتم دورة حياتها في فترة قصيرة

وتختفي بعد أن تترك بذورها في التربة لموسم الأمطار التالي، وتنمو أيضاً بعض النباتات المعمرة صغيرة الحجم تنتعش وتزهر عقب موسم الأمطار وتجف أجزاؤها الخضرية مرة أخرى خلال الموسم الجاف والكثير منها تعمر بأجزاء أرضية، وحيوانات الصحراء قليلة في أنواعها وأعدادها وذات حجم صغير مثل القوارض الحجرية والعناكب كما تعيش بعض أنواع النمل وأنواع قليلة من الطيور والعقارب وكثير من الفراشات.

أنواع المجتمعات الحيوية

توجد ثلاث نظم لتسمية المجتمعات الحيوية نسبة إلي العوامل التالية:-

١- الطبيعة الفيزيائية للوسط البيئي مثال ذلك أن نقول مجتمع الكثبان الرملية ومجتمع البحيرات العذبة.

٢- بعض الصفات التركيبية للمجتمع كأن نعطي المجتمع اسم مستمد من أشكال الحياة الموجودة به أو اسم النوع السائد مثال ذلك أن نقول مجتمع حشائش المراعي أو مجتمع الغابات الصنوبرية أو مجتمع البعيثران.

٣- إنتاجية المجتمع وغالبا ما يطلق علي المجتمع اسم يشير إلي مقدار الإنتاجية مثال ذلك أن نقول مجتمع ذو إنتاجية قدرها ٢٠ جم لكل متر مربع في اليوم.

وحيث أن الطبيعة الفيزيائية للمجتمعات الحيوية تختلف كثيراً بين المواطن البيئية اليابسة والمائية، وأن الناحية التركيبية للمجتمع بما في ذلك النوع السائد تتغير مع الزمن، فإن التوجهات الحديثة في مجال علم البيئة تفضل تسمية المجتمعات علي أساس الانتاجية كعامل يمكن تقديره في جميع المجتمعات، ومن ثم يمكن مقارنة مجتمع ما مع المجتمعات الأخري.

يتدرج تصنيف المجتمعات الحيوية في مجال واسع يمتد من مجتمع كـــوني يضم كل الكرة الأرضية الحية Global community إلي مجتمع يتكون من شجرة واحدة تسكنها حيوانات صغيرة وحشرات وكائنات دقيقة، ويمكـــن تقـــسيم المجتمعات الحيوية حول العالم إلي مجتمعات قاريـــة Continental communities تضم الكائنات الحية علي اليابسة مثال ذلك قارة أفريقيا أو قـــارة أســـتراليا، ومجتمعات محيطية Oceanic communities تضم الكائنـــات الـــتي تعـــيش في المحيطات كالمحيط الأطلسي أو المحيط الهندي، كما يمكن تقسيم مجتمعات القارات إلي مجتمعات إقليمية Regional communities كأن نقول مجتمع البحر الأحمر أو الصحراء الأفريقية الكبري، ويمكن كذلك تقـــسيم المجتمعـــات الإقليميـــة إلي مجتمعات عشائرية Associational communities، والتي يمكـــن تقـــسيمها إلي مجموعات خضرية مثل مرعي من المراعي، وتنقسم هذه المجموعات أيـــضا إلي مجموعات دقيقة Microstands قد تشمل نبات بمفرده وما يتعايسش معه مـــن طفيليات وكائنات متعايشة.

فرضيات المجتمع الحيوي

يقوم المجتمع الحيوي علي فرضيات مختلفة أهمها الفرضيات الثلاث التالية:-

١- الفرضية الشمولية

تقوم الفرضية الشمولية Holistic viewpoint التي اقترحها عالم البيئة النباتية الأميركي كليمنتس Clements علي فرض أن المجتمع النباتي يولد ويتكاثر وينـــضج ويموت، وأن أي مجتمع ناضج (ذروي) يمكنه إعادة نفسه في مراحل متكررة بنفس النسق نتيجة حوادث كارثية أو تغير تدريجي في عوامل الوسط المحيط، أو الإحلال التنافسي بين الجماعات التي يتكون منها، وقد أضاف تانسلي Tansely أن المجتمع

النباتي يمكن وصفه بشبيه الكائن Quasi organism وذكر أن المجتمعات تبـدو في نواحي كثيرة كوحدات متكاملة.

٢- الفرضية الفردية

تقوم الفرضية الفردية Individualistic viewpoint التي اقترحها جليسون Gleason علي اعتبار المجتمع النباتي وحدة فردية في إطاره الزماني والمكاني، لأن كل مجتمع يوجد في ظروف محددة للوسط البيئي المحيط والكساء الخضري المجاور، وحيث أن الوسط المحيط يتغير باستمرار فلا يوجد مجتمعين متشابهين تماما.

٣- الفرضية التصنيفية

الفرضية التصنيفية Systematic viewpoint التي وضعها عالم البيئة النباتية الشهير براون بلانكيه Braun Blanquet وعضدها آخرون هي أكثر الفرضيات قبولاً في دراسات علم البيئة النباتية وتقوم علي تقسيم المجتمعات النباتية بطريقة مشابهة لتقسيم الكائنات الحية إلي وحدات تصنيفية، وتقوم العلاقة بين المجتمعات علي أساس الخصائص التي تدل علي تركيب المجتمع وتحديد درجة التشابه بينها.

الفصل الثاني

خصائص المجتمعات النباتية

مقدمة

ينقسم المجتمع الحيوي إلي مجتمع نباتي Plant community ومجتمع حيواني Animal community، وسوف نتعرض لدراسة المجتمعات النباتية والتي يعرف أيضا بعلم الكساء الخضري Vegetation Science، وسوف نتناول بالتفصيل تركيب وخصائص المجتمع النباتي والتغيرات التي يمر بها والعلاقات القائمة بين مكوناته وطرق دراسة الكساء الخضري. للمجتمع النباتي خصائص (صفات) عامة يمكن تقسيمها إلي مجموعتين: مجموعة تسمى الخصائص التحليلية Analytical characteristics، والأخرى تسمى مجموعة الخصائص التركيبية Synthetic characteristics.

الخصائص التحليلية

تعني الخصائص التحليلية للمجتمعات النباتية بصفات تدل علي تركيب المجتمع وتحديد درجة التشابه بين المجتمعات المختلفة، وطبقا للفرضية التصنيفية، فإن الخصائص التحليلية للمجتمعات النباتية تضم صفات كيفية (وصفية) Qualitative characters تتعلق بخصائص شكلية للمجتمع النباتي لا يتم قياسها بالعدد أو الوزن أو الحجم ويعبر عنها بوصف شكلها، وصفات كمية Quantitative characters يمكن بسهولة وضع مقاييس لها بالعدد أو الكم أو الحجم، **وتشتمل القائمة ٢التي يضمها جدول ٢-١ أسماء الصفات التحليلية الكيفية والكمية للمجتمعات النباتية:-**

جدول ٢-١: قائمة الصفات التحليلية الكيفية والكمية للمجتمعات النباتية.

Qualitative characters	**(أ) الصفات الكيفية**
Floristic composition	١ - التكوين النباتي
Life forms	٢- طرز (أشكال) الحياة
Periodicity and phenology	٣- الموسمية والظواهر الشكلية
Stratification	٤ - الطبقية (التنضد)
Vitality and vigor)	٥ - الحيوية والقوة
Sociability	٦- الترابط
Dispersal types	٧- طرز وحدات الانتشار
Sex forms	٨- طرز الجنس

Quantitative characters	**(ب) الصفات الكمية**
Density	١ - الكثافة
Cover	٢ - الغطاء
Height	٣- الارتفاع
Biomass	٤ - الكتلة الحية
Volume	٥ - الحجم
Frequency	٦- التردد

أ- الصفات الكيفية

١ – التكوين النباتي

المقصود بالتكوين النباتي Floristic composition تعداد الأنواع النباتية التي يتكون منها المجتمع وبيانها، وهذا التحديد يعتبر أول مرحلة وأهمها لدراسة المجتمع النباتي، إلا أنه من الناحية العملية نجد أن الحصول على قائمة بكل الأنواع الموجودة ليس أمراً سهل التحقيق، ومن ثم فإن المشتغلين بدراسات بيئة المجتمعات النباتية يكتفون بتحديد أسماء الأنواع النباتية الوعائية Vascular plant species وفي بعض الأحيان يضيفون إليها أسماء الأُشن Lichens والحزازيات Mosses.

ولإعداد قائمة الأنواع النباتية في مكان ما يتحتم مراقبة وجود هذه النباتات على فترات متعاقبة؛ إذ إنه تحت الظروف الطبيعية لا تظهر النباتات في وقت واحد ولكنها تظهر على فترات متتالية تتباين في أثنائها خواص الوسط البيئي Habitat من تربة ومناخ، وقائمة النباتات ذات أهمية كبيرة ؛ إذ لكل نوع من النباتات مجاله البيئي Ecological range المميز له، ومن ثم فإن معرفة مجموعة الأنواع تدل – إلي حد كبير – على خواص الوسط البيئي الذي يعيش فيه، كما أن متوسط عدد الأنواع النباتية في وحدة المساحة في مكان ما يشير إلي كثير من المعلومات عن الظروف التي يتميز بها هذا المكان.

وحيث أن الحصول على قائمة بكل الأنواع الموجودة في المجتمع النباتي ليس أمراً سهل التحقيق فقد جرت العادة في تحديد القوائم النباتية علي تمييز الأنواع الهامة أو الرئيسية منها عن الأنواع غير الهامة وغير الرئيسية، إلا أنه من وجهة النظر العلمية يجب إدراج كل الأنواع في قوائم الأنواع النباتية؛ فبعض الأنواع التي تبدو غير مهمة في زمن الدراسة يمكن أن توضح – فيما بعد – معلومات عن ظروف

بيئية كانت سائدة في الماضي، أو قد تدل على ما يمكن أن يحدث في المستقبل، وفي الغالب قد يرجع عدم إدراج كل الأنواع النباتية في قائمة التكوين النباتي للمجتمع إلي عدم مقدرة الباحث على تعريف كل الأنواع الموجودة.

واختلاف عدد الأنواع النباتية من مكان إلي آخر يمكن أن يعبر عن تغير واضح في طبيعة الظروف البيئية، على سبيل المثال يتغير عدد الأنواع النباتية في أرض الحشائش في منطقة كولورادو بأمريكا الشمالية كثيراً بالارتفاع عن سطح البحر؛ إذ يوجد ١٦٠ نوعاً نباتياً في الوديان على ارتفاع ١٦٠٠ متر و١٣٩ نوعاً على ارتفاع ٢٣٠٠ متر و١٣٠ نوعاً على ارتفاع ٢٥٥٠ متر و٥٠ نوعاً فقط على ارتفاع ٣٥٠٠ متر. وفي المملكة العربية السعودية يتزايد عدد الأنواع النباتية كلما اتجهنا من السهل الساحلي إلي المرتفعات في المنطقة الغربية، والمعروف أن الارتفاع عن سطح البحر يكون مصحوباً بانخفاض في درجة الحرارة، والواقع أن الغطاء النباتي في السعودية يرتبط ارتباطاً واضحاً بالارتفاع عن سطح البحر، فهو كثيف في المرتفعات معتدلة الحرارة؛ حيث تزداد الرطوبة وتسقط الأمطار وفيرة نسبياً، وشحيح في المناطق الصحراوية مرتفعة الحرارة قليلة الرطوبة شحيحة الأمطار.

٢- طرز (أشكال) الحياة

طرز الحياة Life forms بمعناها الشامل يعني الصفات الظاهرية للتركيب الخضري للنبات مثل حجمه وشكله وطبيعة تفرعه، وفي بعض الأحيان طول حياة هذا النبات (حولي – ثنائي الحول – مُعَمَّر)، أما المعنى المحدود لصفة طرز الحياة فيتعلق بتحديد أشكال النباتات طبقاً لمواصفات البراعم التي يستطيع بها النبات تجديد نموه الخضري بعد تخطي الظروف البيئية الصعبة كالبرد القارس أو الجفاف الشديد، وطرز حياة النباتات تحددها صفات وراثية كامنة بها، كما تؤدي الظروف البيئية دوراً كبيراً في تحديدها؛ فمثلاً فترة

حياة بعض النباتات النجيلية تتغير كثيراً باختلاف الظروف البيئية، فالنوع النباتي المسمى برومس كاثرتيكس *Bromus catharticus* تصل فترة حياته إلي أكثر من أربع سنوات أي أنه نبات معمّر Perennial في أمريكا الجنوبية، ولكنه عندما يزرع في أمريكا الشمالية يتحول إلي نبات حولي Annual تنتهي فترة حياته بانتهاء فصل الشتاء.

وتحدِّد طرزُ الحياة للنباتات السائدة في المجتمع النباتي المظهّر العام للمجتمع. وقد استخدم العالم السويدي راونكير Raunkier صفة طرز الحياة لتقسيم الغطاء النباتي إلي عشرة طرز، تضم خمسة منها النباتات الوعائية، ويستند هذا التقسيم على طبيعة وموضع الأجزاء التي يستطيع بها النبات أن يجدد أو يعيد نموه بعد مرور ظروف بيئية صعبة، ويوضح **شكل ٢-١** رسم تخطيطي لثلاث من الطرز الشائعة لحياة النباتات الزهرية. ويمكن إيجاز الطرز الخمسة لحياة النباتات الوعائية في المجتمعات النباتية **كما يلي**:-

١- نباتات مختفية Cryptophytes ذات أجزاء تجديدية Meristematic parts تحت سطح الأرض أو مغمورة في الماء، وتنقسم إلي **مجموعتين هما**:-

أ- نباتات مائية Hydrophytes ذات أجزاء تجديدية مغمورة في الماء أثناء الظروف غير المناسبة.

ب- نباتات أرضية Geophytes ذات أجزاء تجديدية تحت سطح الأرض أثناء الظروف الجوية غير المناسبة مثل نباتات السوق الأرضية كالريزومات أو الأبصال أو الكورمات أو الدرنات.

٢- نباتات نصف مختفية Hemicrytophytes وهي زاحفة ذات براعم تجديدية قريبة من سطح الأرض ومغطاة بالمواد الدبالية، وتضم ثلاث مجموعات تبعا لطبيعة نمو وشكل الأوراق القاعدية.

٣- نباتات حولية Therophytes تنهي دورة حياتها خلال فصل وتشمل حزازيات ونباتات زهرية.

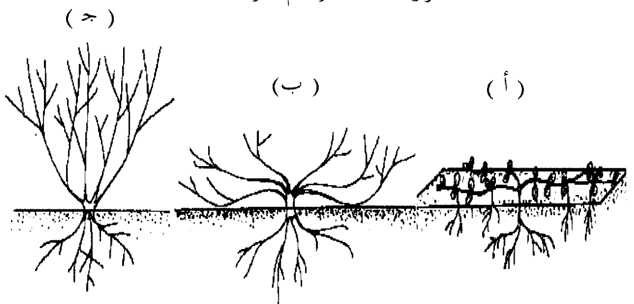
٤- نباتات عشبية فوق سطحية Chamaephytes ذات براعم تجديدية عند سطح الأرض وعلى ارتفاع لا يزيد عن ٢٥ سم كالأعشاب المُعَمَّرة، وتضم عدة مجموعات تبعا لطبيعة نمو الأعشاب وإرتفاعها عن سطح الأرض.

٥- نباتات ظاهرة Phanaerophytes وهي شجيرات وأشجار ومتسلقات ذات براعم تجديدية على ارتفاع لا يقل عن ٢٥ سم من سطح التربة، وتضم **ثلاث مجموعات هي:-**

أ- نباتات دائمة الخضرة ذات براعم خضراء.

ب- نباتات دائمة الخضرة ذات براعم حرشفية.

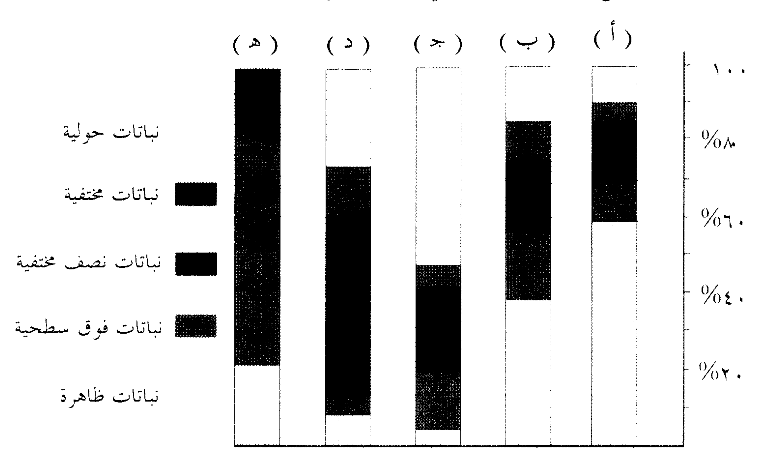
جـ- نباتات متساقطة الأوراق ذات براعم حرشفية.



شكل ٢-١: رسوم تخطيطية لثلاث من طرز حياة النباتات الزهرية: (أ) = نباتات نصف مختفية، (ب) = نباتات عشبية فوق سطحية، (جـ) = نباتات ظاهرة.

والأنواع النباتية في منطقة ما يمكن أن تقسم طبقاً لطرز حياتها وأعداد الأنواع التي توجد في كل طراز، وعندما ينسب بعضها إلى بعض فإنها تعبر عما يسمى بالطيف البيولوجي النباتي. وإذا ما أجري هذا الإحصاء في بقاع مختلفة من

العالم فإننا نحصل على عدد من الأطياف البيولوجية Biological spectra كل منها يميز منطقة تتصف بصفات مناخية خاصة، فمثلاً في المناطق القطبية وأعالي الجبال حيث الجو شديد البرودة، لا تنمو الشجيرات والأشجار والمتسلقات التي تسود الغابات الاستوائية، أما المناطق الجافة والصحراوية في جميع أنحاء العالم فتتميز بطيف بيولوجي تسوده النباتات الحولية والأعشاب. ويوضح **شكل ٢-٢** التوزيع النسبي لطرز الحياة لبعض المجتمعات النباتية في بيئات حيوية مختلفة.



شكل ٢-٢: رسم تخطيطي يوضح التوزيع النسبي لطرز الحياة في مجتمعات نباتية مختلفة حول العالم، (أ) = الغابات الاستوائية المطيرة؛ (ب) = بيئة البحر المتوسط؛ (جـ) = الصحاري؛ (د) = أراضي الحشائش المعتدلة؛ (هـ) = غابات التندرا القطبية.

والتعبير عن الطيف البيولوجي باستخدام عدد الأنواع النباتية في كل طراز من طرز الحياة السابق وصفها يعتبر ذا دلالة أقل من استخدام الغطاء النباتي النسبي لمجموعة الأنواع التي تنتمي إلي كل طراز عند المقارنة بين المجتمعات النباتية المختلفة، كما يمكن استخدام تردد الأنواع أيضا في بناء طيف بيولوجي أكثر

كفاية من ذلك المعتمد على عدد الأنواع؛ إذ إن الأخير يعتمد على مجرد وجود الأنواع في حين يعتمد الأول على عدد نقط التردد لكل طراز من طرز الحياة في المجتمع النباتي، ولتوضيح ذلك نفترض أن النبات (أ) يوجد في ٨٤ موقع من ١٠٠ في أحد المجتمعات في حين يوجد النبات (ب) في ٣٠ موقعاً، وعلى أساس نقاط التردد يعطي للنبات الأولى ٨٤ نقطة وللنبات الثاني ٣٠ نقطة، أما في قائمة وجود الأنواع فكل نوع يرمز له بنقطة واحدة. ويتضح من ذلك أن مظهر حياة المجتمع النباتي في المنطقة يتأثر كثيراً بطراز حياة النبات (أ) في حين يكون تأثره بطراز حياة النبات (ب) ضعيفاً.

وفي بعض الدراسات البيئية قد يستخدم تعبير مظهر النمو Growth form وهو يتعلق بنمو الأفراد التابعة لنوع نباتي واحد في العديد من البيئات، فقد وجد أن أفراد النوع الواحد تختلف في طبيعة نموها وأطوالها من بيئة إلي أخرى، على سبيل المثال يصل طول نبات الإشنان المسمي سالسولا كالي *Salsola kali* إلي ٦٠ سم في أحد البيئات، في حين قد لا يزيد طوله في بيئة أخرى مجاورة عن ٥ سم فقط، ويعود ذلك إما إلي عدم ملاءمة البيئة الثانية لنمو هذا النوع وإما إلي المنافسة الشديدة مع نباتات أخرى تنمو بها، وقد يختلف أيضاً مظهر النمو للأفراد التابعة لنفس النوع في نفس الموقع، وذلك للتغيرات الدقيقة في الظروف البيئية الموضعية Microclimate أو للاختلافات الوراثية بينها.

٣- الموسمية

تشير الموسمية Periodicity إلي ما يحدث من تغيرات موسمية منتظمة من حيث التركيب والمظهر والوظيفة علي مستوي المجتمع النباتي كله أو أي جماعة نوعية تابعة له، ويشمل ذلك التغيرات في العمليات الحيوية المختلفة كالبناء الضوئي

والنتح والنمو وتكوين الأزهار والتقليح وتكوين البذور وانتشارها، وكذلك وضوح العمليات المتعلقة بمواعيد ظهور الأوراق الجديدة واستطالة الفروع وظهور البراعم الزهرية، وتحدث الموسمية نتيجة لصفات وراثية خاصة بكل نوع نباتي اكتسبها نتيجة تعرضه لمجموعة من الظروف البيئية على مدى حياته الطويلة على الأرض. كما أن الموسمية تعني، على الأخص، التكرار عند أزمنة معينة لهذه العمليات الحيوية بوضوح تام، أما الفينولوجيا أو تغير الظواهر الشكلية Phenology فهي تُعنى بظهور هذه الأحداث الحيوية عند مواسم مختلفة من العام بالنسبة لنوع نباتي واحد، أكثر من الاهتمام بالطبيعة المتكررة لهذه الأحداث.

وفي الدراسات البيئية يستخدم أيضاً اصطلاح الانطباع أو المظهر العام Aspection ويعني انطباع المجتمع النباتي بأكلمه في المواسم المختلفة، ولمعظم المجتمعات النباتية انطباعات (مظاهر) محددة في المواسم المختلفة والتي تتأثر – إلى حد كبير – بالتغيرات الموسمية في الوسط البيئ الطبيعي، خاصة درجة الحرارة ووفرة الماء وطول فترة النهار (توافر الضوء) والانطباعات (المظاهر الرئيسية هي الربيعي Vernal والصيفي Aestival والخريفي Autumnal والشتوي Hibernal، وتتميز كل من الانطباعات الربيعية والصيفية إلى إنطباعين أحدهما مبكر في نصف الموسم الأول والآخر متأخر في النصف الثاني منه.

ومن المهم تسجيل الظواهر الشكلية (الفينولوجية) لمختلف الأنواع النباتية مثل موعد ظهور البادرات وتفتح براعم الأوراق والأزهار وظهور أول زهرة ونضج أول ثمرة ووجود آخر زهرة، وتحديد هذه الظواهر الفسيولوجية له أهمية تطبيقية في ربط العوامل الجوية المختلفة بالعمليات الوظيفية للنباتات مثال ذلك، تحديد مواسم الحصاد وبدء مواسم الرعي وأوقات مقاومة الحشرات. وقد يختلف موعد حدوث الأحداث الفينولوجية من عام لآخر ففي منطقة إيداهو Idaho

بالولايات المتحدة الأمريكية وعلى امتداد عشر سنوات من الملاحظة، وجد أن بداية نمو النباتات يختلف بين ٢٠ مارس و٢٤ أبريل وأن نمو النباتات لارتفاع ١٥ سم يتحقق في الفترة من ١٢ مايو إلى ١٠ يوليو.

وللسلوك الفينولوجي تأثير كبير على مدى المنافسة والترابط بين الأنواع النباتية؛ فحدوث النموات الخضرية أو تفتح الأزهار وتكوين الثمار للأنواع المختلفة في مواسم مختلفة من شأنه أن يقلل المنافسة ويساعد على وجود ترابط بين هذه الأنواع. وتتأثر الموسمية والسلوك الفيولوجي (الظاهرية) بعدد من عوامل البيئة أهمها الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة وشدة الضوء، كما أن الارتفاع عن سطح البحر — الذي تصاحبه تغيرات في درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي — له أثر كبير على موعد ظهور الأحداث الفينولوجية ، فكل ارتفاع مقداره نحو ٣٠٠ متر يناظره تأخر في بدء الأحداث الفينولوجية بفترة زمنية طولها ١٢ يوماً.

والتغيرات الموسمية تختلف في مظهرها من مجتمع نباتي إلى آخر؛ ففي الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forests لا تظهر التغرات الموسمية بوضوح، أما في الغابات المتساقطة الأوراق (النفضية) Deciduous forests فمن الممكن بسهولة تمييز المظاهر الستة للموسمية التي ترتبط إلى درجة كبيرة بالتغيرات في درجة الحرارة وطول النهار، فمن الملاحظ أن أوراق تلك الغابات تتساقط خلال فصل الخريف وتبدو الأشجار جرداء خلال فصل الشتاء ثم تنمو البراعم عند بداية فصل الربيع وتتكون الأزهار عند نهايته وخلال الصيف تتكون الثمار وتنتثر. وفي الصحاري والأراضي الجافة يكون المطر هو العامل الأكثر أهمية في ظهور الموسمية، فقد لا تسقط أمطار في بعض السنوات بحيث لا تسمح بنمو بعض النباتات، والمعروف أن زيادة نمو النباتات في المواسم المختلفة يؤدي إلى زيادة إنتاجية النظام البيئي.

٤- الطبقية

الطبقية (التنضد) Stratification تعني وجود النباتات أو أجزائها في مستويات مختلفة فوق الأرض في نفس الموقع، وتحدث الطبقية نتيجة التباين في احتياجات الأنواع النباتية المختلفة، ومن ثم فإنها تنمو في طبقات تختلف عندها الظروف البيئية من حرارة وضوء ورطوبة ... إلخ، ويختلف عدد الطبقات فوق الأرض طبقاً لطبيعة المجتمع النباتي؛ فالمجتمعات الرائدة Pioneer communities التي تمثل المراحل الأولى من المجتمعات، تتكون في العادة من طبقة واحدة مشتملة على نباتات بسيطة مثل الأشن والحزازيات والحوليات الصغيرة، ولكن كلما تقدم تكوين المجتمع (زيادة التعاقب) زاد عدد الطبقات.

وتبدو الطبقية واضحة في الغابات الاستوائية المطيرة، ففي نيجيريا على سبيل المثال نجد أن الطبقة العليا تتكون من أشجار ارتفاعها بين ٣٦-٤٥ متراً تقريباً. إلا أن عدد الأنواع النباتية في هذه الطبقة محدود وتتصف بأغصانها المنتشرة في شبه مظلة قطرها يصل إلي نحو ٢٤ متراً، إلا أن الأغصان التابعة لكل شجرة لا تلامس أغصان الأشجار المجاورة. أما الطبقة المتوسطة، وأطوال أشجارها بين ١٥ و٣٦ متراً، فتتكون من العديد من الأنواع النباتية ذات التيجان المستديرة المتلاصقة والتي قد يصل قطر كل منها إلي نحو ٢,٧ متر تقريباً، وأما الطبقة الشجيرية الدنيا فارتفاع أنواعها لا يصل إلي أكثر من ١٥ متر، وتيجانها متلاصقة مخروطية الشكل وأوراقها كبيرة الحجم ومرتبطة بأنواع نباتية أخرى متسلقة. أما الطبقة تحت الشجرية فتتكون من نباتات قصيرة إلا أنها ضعيفة التكوين وغير محددة بوضوح، وأما طبقة الاعشاب فهي أقل نضجاً وتحديداً ولا يزيد طولها عن متر واحد ولا توجد طبقة النباتات الأرضية على الإطلاق.

والتركيب النوعي لكل طبقة يمكن أن يختلف من منطقة إلي أخرى، ومن ثم فإن مجموعات مختلفة من النباتات متشابهة في مظهر حياتها يمكن تمييزها. وكما تحدث طبقية في المجموع الخضري تحدث أيضاً في المجموع الجذري، وترجع طبقية المجموع الجذري إلي عوامل كثيرة منها التباين في المحتوى الرطوبي للتربة وكمية ما تحتويه من أملاح معدنية في طبقاتها المختلفة ونوعيتها (**شكل ٢-٣**).



شكل ٢-٣: رسم تخطيطي يوضح الطبقية في الغابات الإستوائية المطيرة.

٥- الحيوية والقوة

يتعلق اصطلاح الحيوية Vitality بحالة النباتات ومقدرتها على استكمال دورة حياتها في حين يشير اصطلاح القوة Vigor بصفة خاصة إلي الحالة الصحية أو قوة نمو النبات خلال مرحلة معينة كمرحلة البادرة أو مرحلة ظهور الأزهار، ويوصف نمو النبات بأنه قوى Vigorous أو ضعيف Feeble، وهناك عدة خواص تستخدم في تحديد قوة النبات مثل معدلات النمو الكلية، وعلى الأخص الارتفاع وسرعة نمو الأغصان والأوراق في بداية الربيع أو عقب الحش أو الرعي وكمية النمو

الخضري وميعاد التزهير وعدد الأزهار ومقدار النمو الجذري ومعدله ومقدار الهلاك نتيجة الآفات الحشرية ومقدار الأجزاء الميتة وخصوصاً في النباتات الوسادية أو المفترشة Cushion plants، أما صفة الحيوية فيستخدم لوصفها مقياس **من أربعة فئات من النباتات يمكن تمييزها كالتالي:-**

أ- نباتات ذوات نمو جيد تكمل دورة حياتها دائماً.

ب- نباتات قوية النمو الخضري ولكنها غالباً غير قادرة على استكمال دورة حياتها لفشلها في تكوين أزهار.

جـ- نباتات ضعيفة لا تكمل دورة حياتها أبداً ولكنها تتكاثر خضرياً.

د – نباتات تظهر من وقت إلى آخر عن طريق البذور ولكنها لا تزداد في العدد ومثال ذلك النباتات الموسمية.

وفي الدراسات البيئية تستعمل الحيوية والقوة والسلوك الفينولوجي للتمييز بين ما يسمى بالطرز (الأنماط) البيئية Ecotypes وهي أفراد نباتية تابعة لنوع ما وتتشابه في صفاتها الظاهرية ولكنها تختلف في احتياجاتها البيئية، فعند تجميع نباتات من نفس النوع من عدة بيئات وزراعتها في بيئة واحدة فإن مقدار التباين في حيويتها وسلوكها الفينولوجي يحدد ما إذا كانت تنتمي إلى نفس الطراز البيئي أو إلى أكثر من طراز بيئي، والاحتياجات البيئية لكل طراز بيئي تتحدد وتتبلور نتيجة التغيرات التي تحدث به على مدى العصور، ومن ثم فإنه يصبح قادراً على أن يعكس التغيرات الدقيقة في الظروف البيئية.

٦- الترابط

في مجال بيئة المجتمعات النباتية تشير صفة الترابط Sociability إلى تقارب النباتات بعضها إلى بعض، وهي خاصيَّةٌ تعتمد على موسمية النباتات وقوتها وعلى

طبيعة الوسط الذي توجد به، وكذلك على مدى المنافسة بين هذه النباتات وطبيعة هذه المنافسة، وقد وضع العالم براون بلانكيه Braum Blanquet **خمسة مقاييس للتعبير عن الترابط الاجتماعي بين النباتات هي:-**

أ - نباتات تنمو متباعدة ويرمز لها بالرمز +.

ب- نباتات تنمو في مجموعات صغيرة أو بقع متباعدة ومتشتتة وتعطي رقم ١.

ج - نباتات تنمو في مساحات صغيرة منتشرة فيما يشبه الوسائد وتعطي رقم ٢.

د - نباتات تنمو في مساحات كبيرة وتعطي رقم ٣.

هـ - نباتات ذات نمو متصل وتعطي رقم ٤.

ويعبر اصطلاح الترابط بين الأنواع Inter-specific association عن نمو نوع أو أكثر من النباتات في تقارب واضح ومتكرر، والترابط بين الأنواع يعود إلي التشابه في احتياجاتها الغذائية ومجالها البيئي والجغرافي، كما يعود أيضاً إلي اختلاف في طبيعة النمو وخاصة فيما يتعلق بوجود الجذور على أعماق مختلفة حيث يقلل هذا من المنافسة، وبالتالي يساعد على الترابط معنوياً بدرجة كبيرة بحيث يصبح وجودُ نوعٍ ما دليلاً على وجود نوع آخر، ومقدرة الترابط بين الأنواع ذات أهمية كبيرة، على سبيل المثال عند محاولة إدخال أنواع وافدة Introduced species جديدة من نباتات المراعي في منطقة ما؛ حيث يعتمد ذلك بدرجة كبيرة على مقدرة هذه النباتات على أن تترابط مع غيرها من النباتات المحلية المتوطنة Native species، وتعبر المقدرة الكبيرة على الترابط لمثل هذه الأنواع عن إمكانية نجاحها في استيطان المنطقة المراد زراعتها بها، ويمكن قياس درجة التصاحب بين نوعين باستخدام ما يسمي **معامل التصاحب أو الترابط بينها باستخدام المعادلة التالية:-**

$$\text{معامل التصاحب} = \frac{\text{عدد المواقع التي يوجد بها النوعين معا}}{\text{عدد المواقع التي يوجد بها النوعين منفردين}} \times ١٠٠$$

٧- طرز الجنس

تشير طرز الجنس Sex forms إلي توزيع الأمشاج الجنسية المذكرة والمؤنثة في نفس النبات وفي نباتات مختلفة لنفس النوع أو أنواع مختلفة في المجتمع النبـــاتي، وتساهم هذه الصفة في فهم الخصائص الوصفية للمجتمعات النباتيـــة، ورغـــم أن معظم النباتات الزهرية خنثي Hermaphrodite تحمل الأمشاج المذكرة والمؤنثـــة في زهرة واحدة، فقد وضع باوا Bawa وبيتش Beach **عشرة مصطلحات لوصـــف طرز الجنس في النباتات هي:-**

١- مذكر Male حين تحمل كل النباتات أزهاراً مذكرة فقط.

٢- مؤنث Female حين تحمل كل النباتات أزهاراً مذكرة فقط.

٣- خنثي Hermaphrodite حين تحمل كل النباتات أزهاراً ثنائية الجنس بهـــا أمشاج مذكرة ومؤنثة علي نفس النبات.

٤- وحيد المسكن Monoecious حين تحمل النباتات أزهاراً مذكرة وأزهار مؤنثة.

٥- وحيد المسكن طلعي Andromonoecious حين يحمل النبات الواحد أزهاراً مذكرة وأزهارخنثي.

٦- وحيد المسكن متاعي Gynomonoecious حين يحمل النبات الواحد أزهاراً مؤنثة وأزهار خنثي.

٧- وحيد المسكن ثلاثي Trimonoecious حين يحمل النبات الواحد أزهـــاراً مذكرة وأزهار مؤنثة وأزهار خنثي.

٨- ثنائي المسكن طلعي Androdioecious حين تحمل نباتات النوع الواحد في المجتمع النباتي أزهاراً مذكرة وأزهارخنثي علي نباتات مختلفة.

٩- ثنائي المسكن متاعي Gynodioecious حين تحمل نباتات النوع الواحد في المجتمع النباتي أزهاراً مؤنثة وأزهار خنثي علي نباتات مختلفة.

١٠- ثلاثي المسكن Trioecious أو عديد المسكن Polyoecious حين تحمل نباتات النوع الواحد في المجتمع النباتي أزهاراً مذكرة أو أزهار مؤنثة أو أزهارخنثي علي نباتات مختلفة.

والمعروف أن طراز الجنس الشائع بين النباتات الزهرية هو الطراز الخنثي، إلا أن بعض النباتات وحيدة الجنس Unisexual قد تكون أحادية المسكن أو ثنائية المسكن Dioecious مذكرة أو مؤنثة، ولبعض أنواع النباتات نظم جنسية عديدة الأشكال حيث يتغير طرازه من وقت لآخر ومن مكان لآخر مثل نبات المثنان *Thymelaea hirsuta* شائع الانتشار علي شواطئ البحر المتوسط.

٨- شكل وحدات الإنتشار

تشير صفة طرز وحدات الإنتشار Diaspores إلي الشكل الخارجي لوحدات التكاثر وتساهم في التحليل الوظيفي للمجتمعات النباتية حيث تعكس قدرة النباتات علي الانتشار والمنافسة لتوسيع مجالها البيئي، وقد اقترح دانسيرو Dansereau ولمز Lems تقسيم وحدات التكاثر إلي عشرة أشكال حسب حجمها وانفصالها عن النبات تنتهي أسمائها العلمية بالمقطع ochore-، هي البوغي Sporochore والجناحي Pterochore والشعري Pogonochore والشوكي Desmochore والملتف Cyclochore والثقيل Barochore والمقذوف Ballochore والشحمي Sarochore والمترسب Auxochore و الصلب Sclerochore.

ب- الصفات الكمية

١- الكثافة

تعبر الكثافة Density عن عدد الأفراد النباتية في وحدة المساحة في منطقة ما، وقد تعبر الكثافة عن عدد الأفراد النباتية بغض النظر عن النوع الذي تتبعه، أو تختص بأفراد تابعة لنوع واحد، ولما كان عدد الأفراد في وحدة المساحة يختلف من موقع إلي آخر داخل نفس المنطقة، فإن الحصول على بيانات تتعلق بالكثافة يتطلب أخذ القراءات من مواقع عديدة حتى تكون النتائج معقولة ومرضية، والقيم المعبرة عن الكثافة ذات أهمية للتعبير عن أهمية الأنواع في منطقة ما، إلا أن ذلك صحيح فقط عندما تكون الأنواع متشابهة في مظهر حياتها وحجمها، ولكن عندما تختلف النباتات في طرز حياتها وحجمها، كما هو الحال في غطاء نباتي خليط من الحشائش والأعشاب والشجيرات القصيرة، فإن قيم الكثافة وحدها تصبح غير كافية للمقارنة بين أهمية الأنواع ولابد من إدخال قيم أخرى تتعلق بكمية الغطاء النباتي، كما أنه من الصعب في حالة النباتات التي تنمو في صورة حصيرة أن نحصي عدد أفرادها، وفي مثل هذه الظروف يصبح من الأفضل أن نقيس المساحة التي تغطيها كل نوع بدلاً من أن نعد أفراده.

٢- الغطاء

الغطاء Cover هو اصطلاح مقصود به التعبير عن المساحة من الأرض التي تغطيها قمة المجموع الخضري للنبات المعروفة بالتاج Crown، وهناك اصطلاح آخر يستخدم لقياس الغطاء يسمى مساحة القاعدة Basal area وهو المساحة من الأرض، المخترّقة فعلاً بالسيقان والتي ترى بوضوح عندما تزال الأوراق وتقطع السيقان عند مستوى ٢,٥ سم من سطح الأرض أو أي مستوى آخر يراه الباحث

مناسباً، وحساب مساحة الغطاء النباتي ذو فائدة كبيرة في دراسات أراضي المراعي وأثر الرعي عليها وكذلك دراسة تأثير وجود النباتات على انجراف التربة بمياه الأمطار أو تعريتها بالرياح، وفي هذه الحالات يحاول الباحث أن يربط بين ضغوط مختلفة من الرعي أو عوامل أخرى وما يحدث للغطاء النباتي من تغيير مع الزمن.

وهناك عدة طرق للحصول على قياسات الغطاء النباتي من بين هذه الطرق عمل رسم Charting أو قياس الطول الذي يقطعه خيط من خط يمتد عبر الغطاء النباتي أو باستخدام دبابيس مدلاة من فوق النباتات حتى سطح الأرض.

٣- الارتفاع

ارتفاع النبات Plant height مقياس جيد ومناسب لحالة النباتات وقوتها، ومن ثم يمكن اتخاذه دليلاً للتعرف على نجاح النبات في البيئات التي يراد زراعته بها. وغالباً ما توجد علاقة ترابط قوية بين أطوال النباتات وأوزانها، ويمكن استخدام منحنيات النمو في الطول للحصول على بيانات تتعلق بالوزن، كما توجد غالباً رابطة قوية موجبة بين ارتفاع المجموع الخضري وعمق الجذور، ولذلك فإن دراسات ارتفاع المجموع الخضري قد تكون ذات دلالة كبيرة عن مدى تعمق الجذور في التربة، وعلى الرغم من ذلك فإن التوازن بين النمو الخضري والنمو الجذري يختلف من نوع إلى آخر.

٤- الكتلة الحية (الوزن)

يعتبر تقدير الكتلة الحية Biomass أو وزن النبات أحد أهم الصفات الكمية؛ إذ إن الزيادة في الوزن من الممكن أن تكون أحسن مقياس منفرد يعبر عن النمو، فالوزن هو المقياس الكمي للكتلة الكلية من المواد البنائية والغذائية والبروتوبلازم وغيرها من المواد التي كوّنها النبات من خلال عمليات البناء الضوئي.

ومعظم الدراسات المتعلقة بوزن النبات تعتمد على تقدير وزن المجموع الخضري، كما أن لتقدير وزن المجموع الجذري أهمية كبرى لدوره في التحكم في كمية النمو الخضري، وعند دراسة نباتات المراعي يجب تقدير وزن نباتات في مساحة معلومة من المرعي، ومن هذه النتائج يحسب الوزن من النباتات الذي ترعاه الحيوانات. وعند دراسة أثر الرعي على نباتات المراعي فإن مساحة معينة تتم حمايتها من الرعي ومقارنة نتائج هذه المساحة بنتائج المساحات التي ترعاها الحيوانات.

٥- الحجم

يعبر حجم النبات Plant volume عن المكان الذي يشغله، ويقدر حجم النباتات الصغيرة بغمسها في الماء وتحديد حجم الماء المزاح. والعلاقة بين حجم النبات ووزنه كثيراً ما تستخدم لتحديد الكتلة الحية، إلا أن هذه العلاقة خاصة بكل نوع نباتي على حده، والسبب أن كثافة النباتات تختلف باختلاف أنواعها.

٦- التردد

التردد (التكرار) Frequency هو اصطلاح للتعبير عن درجة انتظام توزيع الأنواع النباتية المختلفة داخل المجتمع النباتي، ويقاس كنسبة مئوية للأماكن (المربعات) التي تحتوي على النوع المراد معرفة درجة انتظام توزيعه وتسمى هذه النسبة دليل التردد، **ويمكن حسابه من المعادلة التالية:-**

$$\text{دليل التردد} = \frac{\text{عدد المربعات الموجود بها النوع}}{\text{العدد الكلي للمربعات}} \times ١٠٠$$

وعند دراسة التردد تقسم الأنواع في المجتمعات النباتية إلي خمسة **فئات على أساس تردد وجودها في المربعات وهي:-**

أ- أنواع موجودة في ١ - ٢٠% من المربعات.

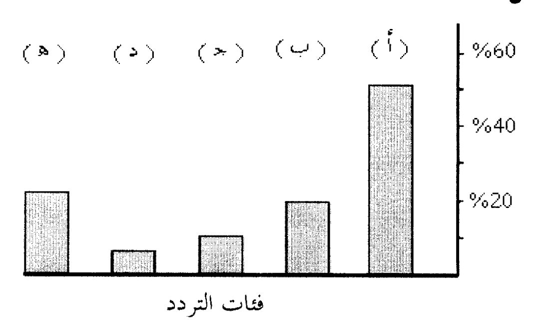
ب- أنواع موجودة في ٢١ - ٤٠% من المربعات.

جـ- أنواع موجودة في ٤١ - ٦٠% من المربعات.

د - أنواع موجودة في ٦١ - ٨٠% من المربعات.

هـ- أنواع موجودة في ٨١ - ١٠٠% من المربعات.

وقد وجد رونكير Raunkier أن عدد الأنواع النباتية في المستوى (أ) يكون كبيراً ثم يقل العدد في المستويات (ب) و (جـ) و (د)، ثم يعود إلي الارتفاع في المستوى (هـ)، وعند وضع قيم التردد في المستويات الخمسة مقابل القيم النسبية لعدد الأنواع في كل مستوى ينتج شكل يعرف بمخطط التردد Frequency diagram وهذا النموذج له شكل عام، حيث تكون أ > ب > جـ > د < هـ ويمكن توضيحه كما في **شكل ٢-٤**.



شكل ٢-٤: رسم تخطيطي يوضح فئات التردد

والنسبة المئوية التقريبية لتردد كل منها.

وبصفة عامة يكون عدد الأنواع في المستوى (أ) دائماً كبيراً؛ لأن ذلك يعبر عن عدد الأنواع الموجودة بعدد قليل في كثير من المربعات، أما العدد الكبير في المستوى (هـ) فيدل على تجانس الموقع، حيث يزداد عدد أنواع النباتات ذات القوة

العالية على المنافسة، الأمر الذي يمنع الأنواع الأخرى من أن تساويها في التـــردد؛ فكلما زاد العدد في المستوى (هـ) دل ذلك على تجانس المجتمع، في حين تدل زيادة عدد الأنواع في المستويات (ب) و (جـ) و (د) على عدم تجانس المجتمع النباتي.

ثانياً: الخصائص التركيبية

الخصائص التركيبية للمجتمع النباتي هي اصطلاحات ودلائل مـــستمدة مـــن البيانات التحليلية سابقة الذكر لوصف الكساء النباتي، **وهذه الخصائص تضمها القائمـــة المذكورة في جدول ٢-٢:-**

جدول ٢-٢: قائمة الصفات التركيبية للمجتمعات النباتية.

(أ) الصفات التركيبية	Synthetic characters
١- الوجود (الثبوت)	Presence
٢- الوفاء (الولاء)	Fidelity
٣- السيادة	Dominance
٤- الوفرة	Abundance
٥- المظهر العام	Physiognomy
٦- النسق	Pattern
٧- التنوع	Diversity

١- الوجود أوالثبوت

تعبر صفة الوجود Presence أوالثبوت Constance عن كيفية وجود نوع ما من النباتات بانتظام داخل المواقع المختلفة بالمجتمع النباتي، فعندما يوجد نوع ما في ١٨ موقع من ٢٠ موقعاً تمثل مجتمعاً نباتياً، فإن وجود هذا النوع يساوي ٩٠%،

وصفة الثبوت تستخدم عندما تكون المواقع متساوية المساحة، أما صفة الوجود فتستعمل عند استخدام مساحات غير متساوية، وعند استعمال وحدة واحدة للدراسة في كل موقع فإن مساحة هذه الوحدة يجب أن تكون من الاتساع بحيث تشمل كل الأنواع في هذا الموقع أو معظمها، وهذه المساحة تسمى بالمساحة الصغرى Minimal area، وهي تختلف في مساحتها من غطاء نباتي إلي آخر **وتنقسم الأنواع حسب صفة الوجود والثبوت إلي خمس درجات هي:-**

أ- نادر الوجود Rarely present وتوجد في ١ – ٢٠ من المربعات.

ب- قليل الوجود Seldom present وتوجد في ٢١ – ٤٠% من المربعات.

ج- شائع الوجود Often present وتوجد في ٤١ – ٦٠% من المربعات.

د – موجود غالباً Mostly present وتوجد في ٦١ – ٨٠% من المربعات.

هـ- موجود دائماً Constantly present وتوجد في ٨١ – ١٠٠% من المربعات.

ووجود عدد كبير من الأنواع في الدرجتين (د) و (هـ) يدل على درجة كبيرة من التجانس في المجتمع النباتي.

٢- الوفاء أو الولاء

تشير صفة الوفاء أو الولاء Fidelity إلي الدرجة التي يُحَدِّد بها النوع النباتي انتماءه إلي الجماعة التي ينمو بها، والأنواع التي توجد في عدد من المجتمعات توصف بأنها ذات وفاء (ولاء) ضعيف، في حين تعرف الأنواع التي تنتمي إلي عشيرة واحدة بأنها ذات وفاء (ولاء) قوي، والعوامل التي تؤثر في مقدرة الأنواع النباتية على أن توجد في مجتمع واحد أو أكثر هي الاحتياجات البيئية والقدرة على المنافسة **وتنقسم الأنواع من حيث ولاؤها لمجتمع معين إلي خمسة أقسام هي:-**

أ- أنواع غريبة Strange أو عارضة Accidental تظهر بالصدفة.

ب- أنواع حيادية Indifferent غير مميزة الولاء ليس لديها ميل نحو مجتمع معين.

جـ- أنواع تفضيلية Preferential مُّيزة الولاء أي لديها ميل للنمو في مجتمع معين.

د – أنواع إنتخابية Selective توجد بوفرة في مجتمع واحد ولكنها تظهـــر في مجتمعات أخرى أحياناً.

هـ- محددة الولاء Exclusive يقتصر وجودها علي مجتمع واحد فقـــط ولا تظهر في مجتمعات أخرى.

و تسمي الأنواع من الأقسام (جـ) و (د) و (هـ) بالأنواع المميزة للمجتمع Characteristic species وبالطبع فإنه من الواجب النظر إلي هذه الأنواع على أنها الأنواع التي بإمكانها النمو تحت الظروف البيئية السائدة بالمنطقة.

٣- السيادة

السيادة Dominance هي خصيصة من خصائص الغطاء النباتي وتعبر عـــن التأثير السيادي لنوع أو أكثر من الأنواع النباتية في موقع ما على باقي الأنواع، التي يقل عددها وتضعف مقدرتها على النمو وتصبح إما محدودة الانتشار وإما نـــادرة الوجود، والنباتات السائدة هي الأنواع ذات القدرة على النجاح تحت الظـــروف البيئية للوسط لدرجة أنها تحدد – بدرجة كبيرة – الظروف التي يجـــب أن تعـــيش تحتها النباتات المرافقة، وكمية الغطاء والكثافة هما الصفتان الرئيسيتان اللتان تحددان السيادة، ولكن التردد والارتفاع وطرز الحياة والحيوية تعتبر أيضاً من الصفات الهامة في تحديد السيادة، وتنقسم الأنواع في المجتمعات النباتية إلي خمس درجات بالنـــسبة لمقدرتها على السيادة حسب المساحة التي تغطيها في المربع والتي قد تعكس عـــدد الأفراد من النوع في هذا المربع **هي**:-

أ- نادرة جداً Spares تغطي أقل من ٥% من مساحة المربع.

ب- نادرة Rare تغطي ٥ - ٢٥% من مساحة المربع.

جـ- متوسطة السيادة Fair تغطي ٢٥ - ٥٠% من مساحة المربع.

د - سائدة Dominant تغطي ٥٠ - ٧٥% من مساحة المربع.

هـ- سائدة جداً Very dominant تغطي ٧٥ - ١٠٠% من مساحة المربع.

٤- الوفرة

تعبر الوفرة Abundance عن مدى وفرة نوع من النباتات في منطقة معينة، وغالباً ما يتم حساب وفرة الأنواع كنسبة مئوية لعدد المربعات التي يتواجد بهـــا ، **وهي تنقسم إلي خمس درجات هي:-**

أ- أنواع نادرة Rare إذا كانت ممثلة في ١ - ٤ % من المربعات.

ب- أنواع عارضة Occasional تظهر بالصدفة إذا كانت ممثلة في ٥ - ١٤% من المربعات.

جـ- أنواع شائعة Common أو متكررة Frequent إذا كانـــت ممثلـــة في ١٥- ٢٩% من المربعات.

د - أنواع وفيرة Abundant إذا كانت ممثلة في ٣٠ - ٩٠% من المربعات.

هـ- وفيرة جدا Highly abundant إذا كانت ممثلة في أكثر من ٩٠% من المربعات.

ويمكن حساب الوفرة من المعادلة التالية:-

$$\text{الوفرة} = \frac{\text{عدد أفراد النوع}}{\text{عدد المربعات التي يوجد بها النوع}}$$

٥- المظهر العام

يعبر المظهر العام Physiognomy عن الشكل العام أو المظهر العام للنباتات في موقع ما، والمظهر العام للغطاء النباتي يحدده العديد من الصفات الكيفية والكمية

مثل طبيعة الأنواع السائدة وطرز حياتها وكثافتها ومقـــدار تغطيتـــها وارتفاعهـــا وعلاقاتها الاجتماعية. وتعتبر المظهرية من الخصائص التركيبية ويجب التعرف عليها كمرحلة أولى قبل البدء في تحديد التركيب النوعي لهذه المجتمعات.

٦- النسق

يحدث النسق Pattern في الغطاء النباتي نتيجة وجـــود أفـــراده في شـــكل تجمعات أو على أية صورة أخرى تبعد توزيع أفراده عن العـــشوائية. والتبـــاين في مظهر التجمعات في الغطاء النباتي مثل وجود المجاميع الشجرية بين مجاميع عشبية أو نجيلية على شواطئ البحيرات بعمق وجود النسق، أما إذا كـــان التبـــاين طفيفـــاً كاختلاف في كثافة الأنواع أو مقدار تغطيتها للأرض أو معدل وجودهـــا ، فـــإن تحديده يتطلب دراسة كمية الكساء الخضري قبل تأكيد وجود نسق من عدمـــه.

وأسباب حدوث النسق يمكن حصرها في ثلاثة مؤشرات هي:-

أ- **أسباب مورفولوجية:** وفيها يسبب النُّمو الخـــضري للأعـــضاء التكاثريـــة كالريزومات والكورومات والدرنات وجود النسق.

ب- **أسباب اجتماعية:** حيث تؤدي المنافسة بين الأنواع أو قدرتها على المعاشرة أوالتصاحب دوراً هاماً في تحديد النسق.

ج- **عوامل موقعية:** وفيها يكون لتضاريس الأرض وتباين محتوياتها من الرطوبة والمواد الغذائية وغيرها من العوامل أكبرُ الأثر في وجود النـــسق في توزيـــع الكساء الخضري.

٧- التنوع

التنوع Diversity هو أحد الخصائص الأساسية للمجتمعات الحيوية الـــتي يتزايد استخدامها في الدراسات البيئية الحديثة لتوصيف المجتمعات والنظم البيئيـــة،

والمقصود بالتنوع هو الاختلاف في عدد الأنواع في المجتمع وتوزيع الأفراد بينها، ويتم التعبير عن التنوع بما يسمي دليل التنوع الذي تتراوح قيمته بين درجة صغري عندما تنتمي كل أفراد المجتمع لنوع واحد إلي قيمة عظمي حينما تنتمي كل الأفراد في المجتمع إلي أنواع مختلفة، وبشكل عام يزداد التنوع بزيادة عدد الأنواع والتشابه فيما بينها في بعض الخصائص الكمية الهامة مثل الكثافة والكتلة الحية.

القيمة الهامة للأنواع

من أجل الحصول على نتائج مفيدة في دراسات تنوع النباتات، فإن بعض القياسات الكمية للأنواع في المجتمعات النباتية كالوزن والكثافة والغطاء ومعامل التردد غالبا ما تستعمل معا، ويتفق علماء البيئة أن القيم النسبية لهذه الخواص المعبرة عن كل نوع من النباتات على حده تكوِّن في مجموعها ما يسمى بقيمة الأهمية أو القيمة الهامة Importance value للنوع، وقد اقترح سميث Smith أن تكون هذه القيمة محتوية علي ثلاث معايير هي: الكثافة النسبية Relative density والسيادة النسبية Relative dominance والتردد النسبي Relative frequency، ويتم **حساب هذه المعايير كالتالي:-**

$$\text{الكثافة النسبية} = \frac{\text{عدد أفراد النوع}}{\text{مجموع عدد الأفراد لكل الأنواع}} \times ١٠٠$$

$$\text{السيادة النسبية} = \frac{\text{المساحة التي يغطيها النوع}}{\text{مجموع المساحة التي تغطيها كل الأنواع}} \times ١٠٠$$

$$\text{التردد النسبي} = \frac{\text{قيمة التردد للنوع}}{\text{مجموع قيم التردد لكل الأنواع}} \times ١٠٠$$

ويري باربر Barbour أن القيمة الهامة للنوع تعبر عن سـيادة النـوع في المجتمع ويتم تقديرها بمجموع قيم الكثافة النسبية + التردد النسبي + الغطاء النسبي، وحيث أن كل من هذه المعايير له قيمة تتراوح بين صفر و ١٠٠ فإن قيمة **الأهميـة** للنوع تتراوح بين صفر و ٣٠٠.

قياسات التنوع

إضافة إلي القيمة الهامة للنوع، يتم تقدير التنوع في المجتمعات النباتية **بعدد من القياسات أهمها ما يلي:-**

١- الوفرة النوعية

يعبر عن الوفرة النوعية Species richness بمتوسط عدد الأنواع في وحدة المساحة ويمكن حسابها بما يسمي معامل الوفرة النوعية باستخدام علاقة لوغاريتمية لعدد الأنواع بالنسبة لمساحة عينة من المجتمع، غالبا ما تقدر بما لا يقل عن مائة متر مربع وقد تنسب إلي مساحة كبيرة كالهكتار، **من المعادلة التالية:-**

$$D = S/\log A$$

حيث D معامل الوفرة النوعية و S العدد الكلي للأنواع في العينة و A مساحة العينة.

٢- التنويع الكمي للأنواع

يتم التعبير عن التنويع الكمي للأنواع بقياس الانتظام Evenness النـسبي للأنواع والتركيز السيادي النسبي Relative concentration of dominance **بعض المعادلات الرياضية البسيطة كما يلي:-**

أ- الانتظام النسبي للأنواع

يتم حساب الانتظام النسبي للأنواع في المجتمعات النباتية (H) غالبا باستخدام معامل شانون - فينر Shanon-Wiener coefficient **كما يلي:-**

$$H = \sum_{i=1}^{S} Pi \log Pi$$

حيث Pi تمثل القيمة الهامة للأنواع أو أحد معاملاتها كالكثافة النسبية أو الغطاء النسبي للنوع i، و تمثل S عدد الأنواع.

ب- التركيز السيادي النسبي

من أكثر المعاملات المستخدمة في قياس التركيز السيادي النسبي ما يسمي دليل سمبسون للتنوع Simpson index of diversity (C) **ويتم حسابه من المعادلة التالية** وهي تعبر عن الكثافة النسبية للأنواع:-

$$C = \sum_{i=1}^{S} Pi^2$$

٣- العائد النوعي

يعبر العائد النوعي Species turnover عن مدي استبدال الأنواع مع تدرجات الوسط المحيط ويطلق عليه تنوع بيتا Beta (β) diversity، ولتقدير العائد النوعي أهمية في توضيح الدرجة التي تقتسم بها الأنواع الموطن التي تعيش فيه، ومقارنة تنوع المواطن في نظم بيئية مختلفة، كما أنها تعطي مع دلائل الوفرة النوعية والتنويع الكمي للأنواع صورة كاملة للتنوع الكلي في المجتمع، ومن المقاييس المهمة لحساب العائد النوعي مقياس ويتيكر **الذي يتم حسابه من المعادلة التالية:-**

$$\beta w = (S/\acute{\alpha}) - 1$$

حيث S العدد الكلي للأنواع في المجتمع و $\acute{\alpha}$ الوفرة النوعية للأنواع (متوسط عدد الأنواع الموجوذة في العينات التي تم دراستها في المجتمع).

الفصل الثالث

طرق دراسة الكساء الخضري

طرق جمع البيانات

من وجهة النظر البيئية تتم الدراسات الاجتماعية للمجتمعات النباتيـــة في مواقع كثيرة في المجتمع، بذلك يمكن تكوين فكرة شاملة عن الكساء الخضري في المجتمع أو على الأقل تحديد نموذج له، لذلك فمن المهم تحديد الأماكن في المجتمع المراد دراسته، ومن البديهي أنه لا يمكن حصر جميع الأنواع التي تتكـــون منـــها المجتمع ومعرفة خصائصه التحليلية والتركيبية لأن حصر جميع الأنواع أمر في حكم المتعذر، ولذلك فقد جرت العادة على الاكتفاء بأخذ عينات متفرقة من الكـــساء الخضري، وبتجميع المعلومات التي يتم الحصول عليها من هذه العينات المتفرقـــة يمكن تكوين فكرة واضحة عن المجتمع بأسره، ولذلك فإنه من المهـــم التـــدقيق والعناية في اختيار العينات من حيث عددها وحجمها وتوزيعها لكي تكون معبرة بصدق عن المجتمع، وتوجد عدة طرق لأخذ العينات، وفي كثير من الحالات قـــد تستلزم الدراسة الجمع بين أكثر من طريقة لجمع البيانات، **ومن الطرق العمليـــة الشائعة لجمع البيانات الطرق الثلاث التالية:-**

أ- طريقة المربعات

وفيها تكون أماكن جمع العينات على شكل مساحات مربعة من أرض المجتمع.

ب- طريقة القطاعات

وفيها يتم جمع العينات من مواقع متعددة على طول خطوط تمر في أماكن مختلفة من المجتمع .

جـ- طريقة التصوير الفوتوغرافي

وفيها يتم تصوير الكساء الخضري فوتوغرافياً وتكبير الصور إلي المقاس المطلوب ومقارنة صور مأخذوة لنفس المكان في أوقات متفرقة لمعرفة ما طرأ علي الغطاء النباتي من تغير.

أولاً: طريقة المربعات

استخدام المربعات Quadrates من الطرق الشائعة في دراسة تركيب المجتمعات النباتية وتحديد العلاقات بين الأنواع التي تعيش فيه، ولاختيار مواقع المربعات تستخدم طريقة المتوسط الجاري Running mean method والتي تتضمن تحديد موقع مربعين ثم حساب كثافة النوع الأكثر سيادة ثم تحديد مكان مربع ثالث ثم مربع رابع وهكذا حتي تتشابه قيمة متوسط النوع الأكثر سيادة عند اختيار مربعات جديدة، وبذلك يكون عدد المربعات كاف للتعبير عن المجتمع الذي يسوده النوع السائد في كل المربعات، وتوجد عدة طرق لاختيار توزيع المربعات في منطقة الدراسة **تضم الطرق التالية:-**

أ- التوزيع العشوائي

يعتبر التوزيع العشوائي Random sampling للمربعات أفضل الطرق لجمع العينات وبصفة خاصة لتحديد الكثافة والتردد، ولتحديد أماكن المربعات عشوائيا يكون من المناسب استخدام طريقة المتوسط الجاري، إلا أن اختيار توزبع المربعات في المجتمع يعتمد إلي حد كبير علي خبرة الباحث بالمجتمع المراد دراسته، وذلك يتطلب القيام بزيارات ميدانية استكشافية للتعرف علي منطقة الدراسة قبل البدء في جمع العينات، كما أنه من الشائع اعتبار قياسات الزيارة الأولي نتائج تجريبية تتأكد بزيارة ثانية للموقع لعمل نفس القياسات.

ب- التوزيع المنتظم

يستخدم التوزيع المنتظم Regular sampling للمربعات عند تماثل توزيع النوع السائد في منطقة الدراسة كما في أراضي المراعي، وفي هذه الحالة يتم استخدام شبكة من المربعات موزعة علي أبعاد متساوية عن بعضها، ومن مميزات التوزيع المنتظم للمربعات أنه يعكس مدي تباين الكساء الخضري في منطقة الدراسة.

ج- التوزيع شبه العشوائي

يجمع التوزيع شبه العشوائي Partial random sampling للمربعات بين الطريقتين السابقتين (التوزيع العشوائي والمنتظم) حيث يتم تقسيم منطقة الدراسة إلي مساحات متساوية منتظمة التوزيع، ويتم تحديد موقع المربعات في هذه المساحات بطريقة عشوائية، ويصلح التوزيع العشائي للمربعات في المناطق ذات التضاريس غير المتجانسة ذات الكساء الخضري غير المتجانس.

مساحة المربعات

يختلف حجم المربعات حسب حجم وشكل الأنواع السائدة، ففى حالة النباتات الصغيرة مثل الحوليات والأعشاب وحشائش المراعي تستخدم مربعات صغيرة تتراوح مساحتها بين ١ - ٤ متر مربع، أما في مناطق الشجيرات الصغيرة والأعشاب الطويلة فتستخدم مربعات تتراوح مساحتها بين ٩ و٢٥ متر مربع، أما في مناطق الأشجار والكساء الخضري غير الكثيف كما في الصحاري فقد تصل مساحة المربع إلي أكثر من ١٠٠ متر مربع، وتجدر الإشارة أن المربعات غالبا ما تكون مربعة الشكل ولكن في بعض الأحيان قد تكون المساحة المختارة مستطيلة أو مثلثة أو دائرية الشكل، ولتحديد شكل مساحة المربع وحجمه يتم الاسترشاد بحجم المساحة الصغري Minimal area وهي مساحة من الاتساع بحيث تشمل

كل الأنواع في موقع المربع. والمتبع لتقدير المساحة الصغري هو تحديد مساحة من الأرض علي شكل مربع ثم حصر الأنواع الموجودة بها ثم مضاعفتها وحصر الأنواع الجديدة ثم إضافة مساحة أخري وحصر الأنواع الجديدة وتكرار ذلك حتي لا تظهر أنواع جديدة في المساحة المضافة.

أنواع المربعات

توجد عدة أنواع من المربعات تختلف فيما بينها في الهدف الرئيسي من إجراء الدراسة بعضها مؤقت يناسب الدراسات الموسمية وبعضها مستديم، **ومن أكثر المربعات استخداماً في دراسة المجتمعات النباتية المربعات التالية:-**

١- مربع القائمة العددية

مربع القائمة العددية List count quadrate وهو عبارة عن مربع يتم تحديد أبعاده حسب كثافة الكساء الخضري وحصر جميع الأنواع به ومعرفة عدد الأفراد من كل نوع داخل هذه المساحة بالعد المباشر للأنواع، ويستخدم مربع القائمة في الحصول على معلومات تطبيقية مختلفة كتقدير كمية المحصول وإجراء دراسات دقيقة على نسبة الإنبات تحت ظروف مختلفة من التربة، ويستخدم أيضاً في حصر الأمراض النباتية لمعرفة عدد النباتات المصابة.

٢- مربع القطع والوزن

يستعمل مربع القطع والوزن Cut and weight quadrate في دراسات أراضي المراعي، وذلك بقياس كمية كل نوع من الأنواع وعدده وحجمه، وهو يصلح فقط في حالة الغطاء النباتي المتكون من حشائش وأعشاب صغيرة، وفي هذه الطريقة يقطع كل نبات على حدة عند سطح الأرض، وبذلك يمكن تحديد نسبة وزن كل

نوع من النباتات إلي الوزن الكلي للكساء الخضري، ثم يتم عمل حصر للأنـــواع وأعدادها في جدول يعرف بجدول الوفرة (**جدول ٢-٣**).

جدول ٢-٣: نموذج مبسط لجدول الوفرة.

اسم النوع	عدد الأفراد في المربعات م١ – م٩								
	م١	م٢	م٣	م٤	م٥	م٦	م٧	م٨	م٩
(أ) برسيم حجازي *Medicago*	٥	٩	٨	٥	–	٩	١	٩	٦
(ب) لسان الحمل *Plantago*	٤	٢	٥	٧	٩	٨	٩	٢	–
(ج) قطف *Artiplex*	–	١	–	–	–	٢	–	١	–

٣- المربع المستديم

يستخدم المربع المستديم Permanent quadrate عندما تكون هناك ضـــرورة لدراسة الموقع على فترات زمنية متكررة، وفي هذه الحالة يحدد المربع بأوتاد تدق في الأرض ولا تكون عائقاً لحيوانات الرعي أو المرور في المنطقة ويمكن دراسة موقـــع هذا المربع عدة مرات على مدار العام أو في مدى أسابيع قليلة بأي طريقة من طرق دراسة الكساء الخضري والمربعات المستديمة في أراضي الحشائش والغابات توضـــح تغيرات أكيدة كلما تقدم الموسم، وباستخدامها يمكن الحصول على سجل كامـــل لمظاهر الكساء الخضري المختلفة في مواسم مختلفة كالربيع والصيف والخريف، ومن هذه المربعات أيضاً يمكن تتبع طرق التكاثر الخضري وسرعته ومدى نجاحه وكذلك عن أعمار الأفراد، كما نحصل على معلومات كثيرة من المنافسة بين الأنواع وكيف

تؤثر في ظهور أنواع أخرى واختفائها، كذلك يمكن تقدير التغيرات التي تطرأ على البيئة نفسها نتيجة لتفاعل النباتات التي تعيش بها.

٤- المربع المرسوم

يتضمن المربع المرسوم Chart quadrate معلومات وفيرة عن عدد الأنواع التي تتكون منها الجماعة إذا قورن بمربع القائمة أو مربع القطع والوزن، حيث إن هـذا المربع يوضح التغطية النباتية الكلية والتغطية الجزئية لكل نوع على حده، كما يمكن تقدير نسبة الفراغ وكثافة الأنواع المختلفة، وهذا المربع يعطـي سـجلاً مفـصلاً للكساء الخضري. ويتم تحديد مساحة المربع عن طريق علامات ثابتة ثم يقسم هذا المربع إلي مربعات أصغر، ويتم تمثيل هذا المربع على ورقة مربعات رسم بياني كبيرة بمقياس رسم مناسب (**شكل ٢-٥**) وبعد ذلك يوضح بالرسم موضع كل نبـات ومساحته داخل المربع المرسوم كما هو موجود في الطبيعة. والشيء الذي يوضـح بالرسم هو تغطية المجموع الخضري لسطح الأرض. ويحدث أن يتـداخل بعـض النباتات مع بعضها. وفي هذه الحالة يجب تظليل المساحة التي يشملها التداخل ويرمز التظليل إلي أن الغطاء مضاعف، ومن هذا المربع **يمكن حساب الكثافـة والتـردد والوفرة والغطاء كما يلي:-**

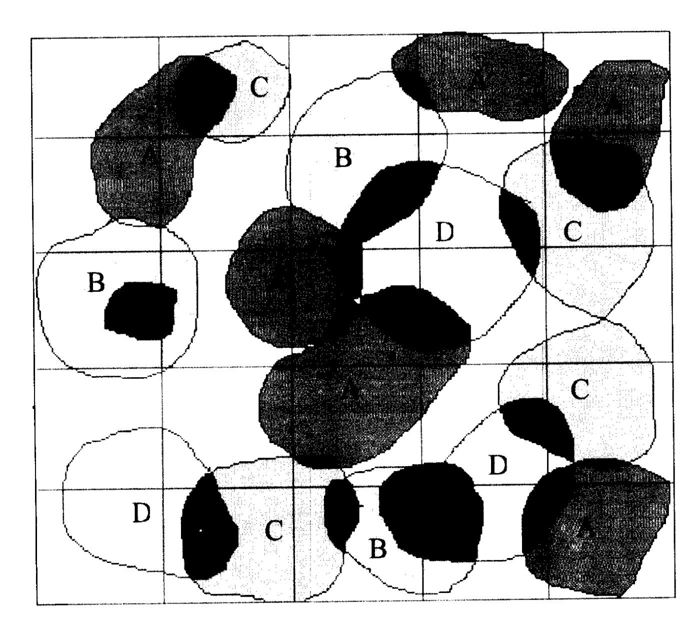
$$\text{الكثافة الكلية للغطاء} = \frac{\text{المجموع الكلي للأفراد}}{\text{المساحة الكلية}}$$

$$\text{الكثافة لنوع من الأنواع} = \frac{\text{مساحة النوع}}{\text{المساحة الكلية}} \times ١٠٠$$

$$\text{التردد} = \frac{\text{عدد المربعات التي يظهر فيها النوع}}{\text{العدد الكلي للمربعات}} \times ١٠٠$$

$$\text{الغطاء} = \frac{\text{المساحة التي يغطيها الكساء الخضري}}{\text{المساحة الكلية}} \times ١٠٠$$

$$\text{الغطاء لنوع من الأنواع} = \frac{\text{المساحة التي يغطيها النوع}}{\text{المساحة الكلية}} \times ١٠٠$$



شكل ٢-٥: رسم تخطيطي لتوزيع أربعة أنواع (A, B, C & D) في مربع الخريطة، الأجزاء الداكنة في المربع توضح تداخل بين وجود أكثر من نوع.

ثانيا: طريقة القطاعات

القطاعات Transects هي عبارة عن شريط ضيق يمر عبر المنطقة التي يشغلها الكساء الخضري، وتستخدم القطاعات عند دراسة العلاقة بين تغير الكساء الخضري وتغير الوسط البيئي؛ كأن يحدث تغير في اتجاه الانحدار أو عدم الانتظام في سطح التربة أو طبيعتها لمعرفة القدر الذي يتغير به الكساء الخضري من موقع إلي آخر ضمن الكساء الخضري، **وتوجد عدة أنواع من القطاعات نذكر منها:-**

أ- القطاع الحزامي

القطاع الحزامي أو الخطى Belt transect عبارة عن شريط ذي اتساع ثابت يمتد إلي مسافات طويلة، ويُحدَّد عرض هذا القطاع بحيث يكون كافياً لكي يضم قدراً كافياً من النباتات يمثل التركيب الحقيقي للكساء الخضري. ويتراوح عرض هذا القطاع من ١٠سم في أرض الحشائش إلي عشرة أمتار في المجتمعات الشجرية. وعلى امتداد شريط هذا القطاع تتم دراسة خصائص الكساء الخضري عن طريق عمل مربعات عشوائية على مسافات تحددها طبيعة الكساء الخضري في المنطقة بالطرق التي سبق توضيحها في حالة المربعات ، وبالتالي يمكن تقدير بعض الخصائص الكيفية والكمية للمجتمع النباتي على طول القطاع.

ب- القطاع المعزول

القطاع المعزول Fenced transect هو عبارة عن شريطين طول كل منهما ١٠٠ متر واتساعه نحو ٧ أمتار وبينهما شريط ثالث يبقى كمساحة للمقارنة. ويستخدم هذا النوع في إجراء دراسات على المراعي، ويتناوب الرعي في الشريطين الجانبيين يمكن دراسة نمو الكساء الخضري فيهما تحت تأثير الرعي لفترة من الزمن في حين يبقى الشريط الأوسط على طبيعته الأولى للمقارنة ويمكن

استخدام هذا القطاع أيضاً لدراسة أثر عوامل أخرى كالحرائق أو إدخال أنواع جديدة إلي المجتمع.

جـ- القطاع الثنائي

القطاع الثنائي Bisect عبارة عن خندق خطي يمتد إلي عمق يتجاوز امتداد أعمق الجذور، ويستخدم في دراسة تركيب الكساء الخضري بالنسبة للارتفاع والامتداد الجانبي للنباتات وامتداد جذورها في التربة وعلاقاتها البيئية، وعن طريق هذا الخندق يمكن التعرف على المجموع الجذري والأعضاء الأرضية الأخرى كالدرنات والكورمات والأبصال ويقاس موضع كل منها وامتداده بعناية وترسم بمقياس رسم معين على ورق مربعات، وبنفس الطريقة يتم تمثيل المجموع الخضري، ويمكن في بعض الحالات الاكتفاء بالأنواع السائدة فقط، ويلاحظ رسم المجموع الجذري والمجموع الخضري بنفس مقياس الرسم حتى يتم إعطاء صورة حقيقية للتناسب بين المجموعين الجذري والخضري. وتجدر الإشارة أن حفر القطاع الثنائي يتطلب مجهود شاق، وخصوصاً إذا كانت الجذور تمتد إلي عمق كبير في التربة.

ثالثا: طريقة الخرائط الفوتوغرافية

باستخدام طريقة الخرائط الفوتوغرافية Photographic charts يتم تصوير النباتات في أماكن معلومة المساحة بالتقاط صور متتالية، وهي طريقة توفر الوقت والجهد، ولكن عند تداخل الكساء الخضري فإن الصور لا تعبر عن حقيقة الغطاء الخضري ويمكن وضع الكاميرا على ذراع طويل مرتكز على حامل ثلاثي يوضع في وسط المربع وتحريك الذراع في شتى الاتجاهات ليتم التقاط صور لكل المربع من جميع الجهات.

طرق التحليل العددي

صاحب تطوير الحاسبات الآلية خلال النصف الثاني من القرن العشرين تزايد استخدام المعالجات الرياضية والإحصائية لتجميع وتنسيق مواقع عينات الكساء الخضري بهدف عرض النتائج بطريقة أكثر وضوحاً وموضوعية، ويمكن اختيار عدد من الطرق لتحليل النتائج. وتعتمد الطريقة المناسبة علي إلمام الباحث بخصائص الكساء الخضري واختياره لطرق المناسبة لتحليل النتائج، وقبل إجراء التحليل العددي للنتائج يوصي برصد نتائج الدراسات في جداول معلومات بيئية كما في **جدول ٢-٤**.

جدول ٢-٤: جدول المعلومات البيئية عن تسعة مربعات بأحد المجتمعات النباتية، ن = عدد النباتات، ط = طول النبات، ت = التردد؛ عدد المربعات التي يوجد بها النوع/العدد الكلي للمربعات، و= الوفرة؛ عدد الأفراد للنوع/عدد المربعات التي يوجد بها النوع، ك = الكثافة؛ عدد الأفراد/عدد المربعات، غ = الغطاء.

النوع	عدد المربعات									بعض الصفات الهامة					
	م١	م٢	م٣	م٤	م٥	م٦	م٧	م٨	م٩	ن	ط	ك	ت	و	غ
أ	٥	٩	٨	٥	–	٩	٣	٩	٦	٥٤	٦٠	٦	؟	؟	؟
ب	٤	٢	٥	–	٩	٨	٦	٢	–	٣٦	٣٦	٤	؟	؟	؟
ج	–	١	–	٥	–	٢	–	١	–	٩	٢٤	١	؟	؟	؟
د	٣	٧	–	٣	–	٧	١	–	٦	٢٧	٧٥	٣	؟	؟	؟
ه	٥	–	–	٤	٦	–	–	٣	–	١٨	٢٥	٢	؟	؟	؟
و	–	١	–	–	–	٢	–	٦	–	٩	٣٠	١	؟	؟	؟

وتوجد عدة طرق عددية لتحليل النتائج أكثرها شيوعاً حساب **معاملات** التشابه والتصنيف والتنسيق لمواقع من الكساء الخضري في المجتمع النباتي باستخدام طرق التحليل التجميعي أو العنقودي.

معاملات التشابه

لقياس معاملات التشابه Similarity coefficients تستخدم عدة معادلات رياضية أكثرها شيوعاً ويسراً معامل جاكارد ومعامل سورنسون:-

أ- معامل جاكارد

يعبر معامل جاكارد Jaccard's coefficient عن نسبة عدد الأنواع المشتركة في موقعين من مواقع الكساء الخضري إلي العدد الكلي للأنواع في الموقعين كما في **المعادلة البسيطة التالية:-**

$$\text{معامل جاكارد} = \frac{\text{عدد الأنواع المشتركة بين الموقعين}}{\text{العدد الكلي للأنواع في الموقعين}} \times ١٠٠$$

ب- معامل سورنسون

يعبر معامل سورنسون Sørensen's coefficient عن نسبة عدد الأنواع المشتركة بين موقعين من مواقع الكساء الخضري إلي متوسط أعداد الأنواع الكلية في الموقعين الأول والثاني **كما في المعادلة التالية:-**

$$\text{معامل سورنسون} = \frac{\text{عدد الأنواع المشتركة بين الموقعين}}{\frac{1}{2}\,(\text{عدد أنواع الموقع الأول} + \text{عدد أنواع الموقع الثاني})} \times ١٠٠$$

طرق التقسيم

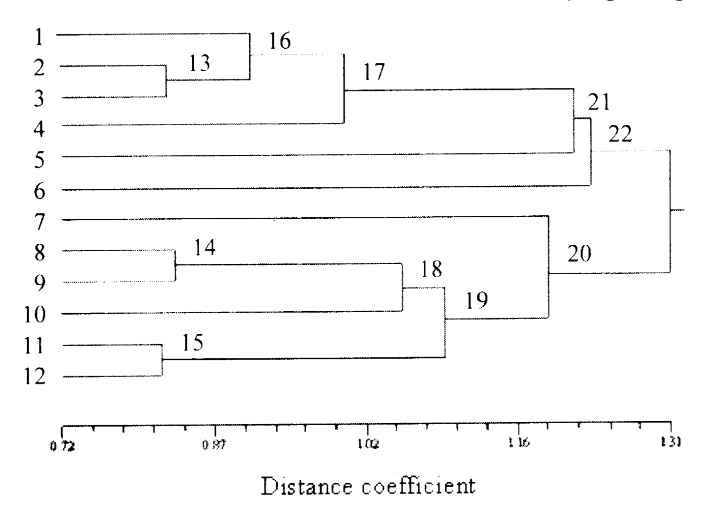
توجد عدة طرق لتقسيم المجتمعات النباتية إلي مجموعات لعل أكثرها شيوعاً طرق التحليل العددي العنقودي Cluster analysis للنتائج باستخدام برامج حاسب

آلي للتعبير عن درجة التشابه أو الإختلاف بين مواقع مختلفة من المجتمع والتعبير عنها في شكل بناء شجري يسمي شجرة التشابه Dendrogram (**شكل ٢-٦**) باستخدام طريقة فرز تكرارية Iterative sorting لأزواج من المواقع وتكرارها حتي تشمل كل المواقع محل الدراسة. وتوجد عدة طرق لتقدير درجة التشابه بين المواقع لعل أشهرها طريقة المجموعات التجميعية Agglomerative clustering technique.

وكما يتضح من **شكل ٢-٦** يتبين أن أزواج المواقع (٢ و٣)، و(٨ و٩)، و(١١ و١٢) أكثر تشابهاً إلي بعضها البعض من المواقع الأخري وأنها تمثل مجموعات يمكن أن يرمز لها بالأرقام (١٣) و (١٤) و (١٥)، كما يتبين من الشكل أن الموقع (١) هو الأكثر تشاهاً للمجموعة ١٣ وأنهما معا يمثلان مجموعة يرمز لها بالرقم (١٦) التي تمثل بدورها مع الموقع ٤ مجموعة يرمز لها بالرقم (١٧). ويتضح من الشكل أيضا أن المجموعة ١٤ تمثل مع الموقع ١٠ مجموعة من ثلاث مواقع يرمز لها بالرقم (١٨)، والذي يمثل بدوره مع المجموعة (١٥) مجموعة كبيرة يرمز لها بالرقم (١٩)، ورغم أن المواقع ٥ و٦ و٧ تمثل مجموعات متفردة عن المجموعات الأخري فإن الموقع ٧ يمثل مع المجموعة ١٩ مجموعة أكبر يرمز لها بالرقم (٢٠)، أما الموقع ٥ فيمثل مع المحموعة ١٧ مجموعة من خمسة مواقع يرمز لها بالرقم (٢١) وتنضم إليها المجموعة ٦ لتكوين مجموعة كبيرة يرمز لها بالرقم (٢٢).

وبشكل عام يمكن إيجاز وصف **الشكل ٢-٦** في أن المواقع ١ و٢ و٣ و٤ تمثل مجموعات متشابهة تجمعهم مجموعة رقم ١٧، و أن المواقع ٨ و٩ و١٠ و١١ و١٢ أيضا تمثل مجموعات متشابهة تضمها المجموعة ١٩، بينما تبقي المواقع ٥ و٦ و٧ مجموعات متفردة عن المجموعات الأخري في المجتمع النباتي محل الدراسة.

ومن المهم اختبار تقسيم المجتمع إلي مجموعات نباتية باستخدام طرق التحليل العددي العنقودي للنتائج بالرجوع إلي المواقع لاكتشاف خصائص إضافية مثل وجود أنواع دليلية Indicator species أو عوامل بيئية يتطابق توزيعها مع توزيع الأنواع التي أسست عليها المجموعات.



شكل ٢-٦: رسم تخطيطي لشجرة القرابة بين مجموعات الكساء الخضري في مجتمع نباتي كما تظهر باستخدام طريقة التحليل العددي العنقودي.

الفصل الرابع

تغير المجتمعات النباتية

تعيش النظم البيئية والمجتمعات النباتية في حالة ديناميه، وتعتبر الغاية نموذجاً جيداً لتوضيح التغيرات في المجتمع النباتي فهي مكان مختلف من الصيف إلي الخريف، ويأتي عليها الشتاء كمقدمة لموسم جديد من النمو حلال الربيع. **وتنقسم التغيرات التي تحدث بالمجتمعات النباتية إلي ثلاثة أنواع هي:-**

تغيرات غير توجيهية

التغيرات غير التوجيهية Indirectional changes هي تغيرات لا تبدل المجتمع تبديلاً دائماً، فهي تغيرات إحلالية مرتبطة بالحفاظ على حالة الاستقرار في المجتمعات الثابتة: وتشمل أيضاً عدداً من التغيرات الدورية Periodical أوضحها الدورات اليومية للضوء والظلام والدورات السنوية لدرجة الحرارة وفترة الإضاءة والأمطار وتشمل أيضاً التقلبات Fluctuations في المجتمعات التي ترتبط بالتقلبات المناخية مثل التغيرات التي تحدث أحياناً في أرض الحشائش التي تنتج عن عدة سنوات من الجفاف.

تغيرات توجيهية

التغيرات التوجيهية Directional changes هي التغيرات التي ينشأ عنها تبديل دائم للمجتمع، وهي تتضمن التغيرات ذات المدى الطويل الناتجة عن تغيرات مناخية ذات مدى طويل نتيجة تغيرات مناخية ذات مدى طويل مثل تبديل النباتات والحيوانات مع قدوم الجليد وانحساره، والتغيرات الأخرى التي ينتج عنها ظهور أنواع من النباتات والحيوانات أو إنقراضها، وهذه التغيرات تشمل التغيرات

التي حدثت على الكرة الأرضية ونشأ عنها تغيرات جذرية في طبيعة الحياة على شكل الأرض عبر ملايين السنين.

التعاقب

التعاقب Succession هو تغيرات مرحلية دورية ينتج عنها ما يسمي مجتمع الذروة Climax community، وتعتبر التغيرات المسببة للتعاقب من التغيرات التوجيهية، ولكنها ذات أهمية كبيرة لأنها تؤدي إلي ظهور المجتمعات الذروية وهي مجتمعات مستقرة Stable communities، وسوف نتناول التعاقب ببعض التفصيل.

إذا تصورنا أن هناك منطقة ما لا تحتوي على حياة أو تجردت تماماً من كسائها الخضري بالحرائق أو الفيضان أو أية وسيلة أخرى ثم توافرت بها بعض سبل الحياة كظهور العيون المائية أو الأنهار، فإن هذه المنطقة لا تظل عارية من النباتات طويلاً بينما تستعمر تدريجياً بعدد قليل من الأنواع النباتية ثم ينشأ بها كساء خضري جديد عن طريق التعاقب، والتعاقب هو التسلسل أو التتابع التدريجي لظهور الأنواع وتأثر بعضها مع البعض الآخر مع البيئة، وكنتيجة لتنافس هذه النباتات على المصادر البيئية حتى يستقر في النهاية إلي مجتمع نباتي ثابت مع العوامل المناخية في المنطقة وهو ما يعرف بالمجتمع الذروي.

وقد يبدأ التعاقب على أرض جرداء تماماً لم يكن بها مجتمع من قبل فيسمى بالتعاقُبُ الأولي Primary succession، أو في مناطق كانت تدعم مجتمعاً قائماً بالفعل مثل أرض محاصيل مهجورة سمح لها باستعادة كسائها الخضري أو جزء من غابة حرقت، فيسمى بالتعاقُبُ الثانوي Secondary succession، والتعاقب الثانوي عادة أسرع من التعاقب الأولي لأن سبل الحياة في المنطقة التي يحدث بها التعاقب الثانوي غالبا ما تكون أفضل من المناطق الجرداء لأن التربة غالباً ما تكون غنية

بالعناصر الغذائية. وعندما تغزو نباتات جديدة منطقة خالية من الحياة تسمى نباتات غازية Invaders، ويسمى المجتمع الذي يظهر في هذه المراحل المبكرة بالمجتمع الريادي Pioneer community وهذا المجتمع لا يبقى ثابتاً لفترة طويلة؛ فمع مضي الوقت تختلفي أنواع وتظهر أنواع أخرى ...وهكذا، **ويتميز المجتمع الريادي بعدة خصائص أهمها الصفات التالية:-**

١- - تكون المجتمعات الريادية جفافية Xeric أو مائية Hydric نسبياً لأنها تمثل المراحل الأولي لسلسة تعاقب جفافي أو تعاقب مائي.

٢- تحتوي على أنواع قليلة من الأنواع هي التي تستطيع الهجرة إلي المنطقة أولاً، وبإمكانها الحياة تحت الظروف البيئية المتطرفة أحياناً والتي غالباً ما تكون سائدة في المنطقة الجديدة وذلك لقلة احتياجاتها من الغذاء الموجود بالتربة.

٣- تتوافر لهذه الأنواع وسيلة الانتشار السريع عن طريق بذورها التي تنتقل بواسطة الرياح أو الطيور أوالحيوانات لمسافات طويلة.

٤- تكون الأعشاب الحولية هي الأكثر أهمية في السنوات الأولى من التعاقب، ولكنها ما تلبث أن تترك مكانها سريعاً بسبب ضرورة نموها من البذرة كل عام، حيث تحل محلها الأعشاب المعمرة ذات المقدرة العالية على الاحتلال، فهي تستطيع أن توطد نفسها وأن تحافظ على مكانها حيث تنتشر عن طريق التكاثر الخضري.

٥- يحدث التعاقب الثانوي من مجتمع تسوده الأعشاب وغالباً ما يكون قريباً من مجتمع الذروة، وبعد مضي عشرات أو مئات السنين يظهر مجتمع ثابت في حالة مستقرة هو المجتمع الذروي.

أنواع التعاقب

يسمى تتابع الكساء الخضري على أرض جرداء أو في بحيرة عذبة وصولاً إلى مجتمع الذروة بسلسلة التعاقب Succession series، ويرجع الفضل إلى العالم الأميركي كليمنتس Clements في إلقاء الضوء على سلسلة التعاقب لعدد كبير من التجمعات في بيئات مختلفة،وهو من اقترح استعمال المقطع sere- لنهاية كلمة توضح أو تدل على البيئة التي يحدث بها التعاقب، فتعاقبُ النباتات في وسط مائي يطلق عليه التعاقب المائي Hydrosere والتعاقب في البيئة الجافة يطلق عليه التعاقب الجفافي Xerosere، وقد ينشأ التعاقب في بيئة ملحية ويسمي Halosere أو على منطقة رملية ويسمي Psammosere أوعلى صخر جاف ويسمي Lithosere.

التعاقب المائي

تبدأ سلسلة التعاقب المائي الأولي في بحيرات يصل عمقها إلي ستة أمتار وتبدأ بما يسمي النباتات المغمورة التي تنمو تحت سطح الماء، أما التعاقب المائي الثانوي فغالبا ما يبدأ في مستنقعات لا يتجاوز عمق الماء بها متر واحد وتنمو بها نباتات معمرة بواسطة الريزومات التي تثبت النباتات على القاع، وتشمل سلسلة التعاقب المائي عدداً من الأطوار تنتهي بطور الغابة الذروي، **ويمكن وصف أطوار التعاقب المائي كما يلي:-**

١- طور النباتات المغمورة

تعتبر النباتات المغمورة Submerged plants المرحلة الأولى في سلسلة التعاقب المائي وهي مجموعة خاصة من النباتات تنمو تحت سطح الماء بالقرب من الشواطئ، حيث يكون عمق الماء أقل من ٦ أمتار ومن أمثلتها الإلوديا *Elodea* ونخشوش الماء *Ceratophyllum* ولسان البحر *Potamogeton*، وغالباً ما تثبت هذه

النباتات جذورها على القاع، وباستمرار نمو هذه النباتات عاماً بعد عام تموت بعض أجزائها وتتراكم بقاياها على القاع ويحدث لها تحلل جزئي، ويعمل ذلك على تقليل عمق الماء وزيادة خصوبة تربة القاع، الأمر الذي يساعد على اختفاء النباتات المغمورة تدريجياً وظهور نباتات طافية.

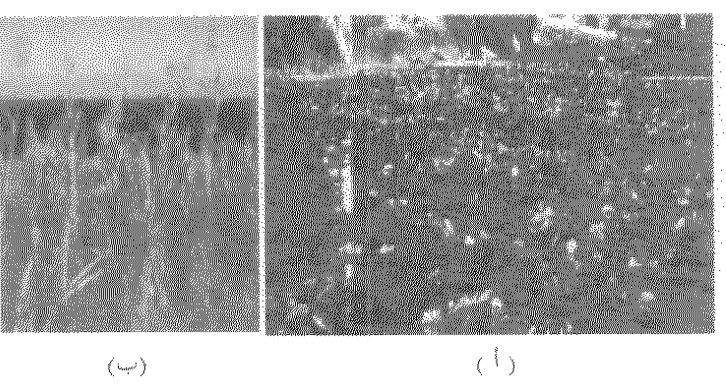
٢- طور النباتات الطافية

تبدأ النباتات الطافية Floating plants في غزو البيئة عندما يتناقص عمق الماء إلي نحو مترين وتسود تدريجياً على النباتات المغمورة، ويبدأ نمو هذه النباتات في المواقع الضحلة على حافات البحيرات ثم تزحف تدريجياً إلي الداخل، الأمر الذي يتسبب في موت النباتات المغمورة التي يتسبب تكدس بقاياها على القاع في تقليل عمق الماء حتى يصبح ضحلاً، ومن أمثلة النباتات الطافية زنابق الماء المختلفة مثل البشنين *Nymphaea* (**شكل ٢-٧ أ**) والكاستاليا *Castalia* والبوليجونم *Polygonum* وغير ذلك من النباتات، وهذه الأنواع لها جذور مثبتة في القاع ولها ريزومات قد تصل في طولها إلي عدة أمتار كما أن هناك بعض النباتات الطافية التي لا تكون مثبتة في القاع مثل أنواع فصيلة عدس الماء Lemnaceae وياسنت الماء (ورد النيل) *Echornia*، ومع زيادة نمو هذه النباتات فإن أوراقها تتقارب وتحجب الضوء تدريجياً عما تحتها ويقل عمق الماء نتيجة فقده عن طريق النتح من أوراق النباتات، ومع نقص كمية الماء تصبح البحيرة غير صالحة لنمو النباتات الطافية، وملائمة لظهور نباتات المستنقعات التي يلائمها الماء ذو العمق الضحل.

٣- طور المستنقعات القصبية

تبدأ هذه النباتات في الظهور عندما يتراوح عمق الماء بين ثلث المتر والمتر، وتتميز بنمو نباتات لها ريزومات كبيرة كثيرة التفرع مثل الدبس (البوط) *Typha*

والغاب *Phragmites* (**شكل ٢-٧ ب**) وأنواع من السعد *Cyperus*، وكلما تقدم نمو نباتات المستنقعات وازدادت كثافتها قلت الإضاءة بالنسبة للنباتات الطافية فتموت وتتراكم بقاياها، الأمر الذي يتسبب في تناقص عمق الماء فتصبح البيئة بالتدريج غير صالحة لنمو أغلب نباتات المستنقعات فتبدأ نباتات المروج في الظهور.



(ب)		(أ)

شكل ٢-٧: صور فوتوغرافية لنباتات تمثل مراحل هامة للتعاقب المائي، أ = نبات البشنين من النباتات الطافية، ب = نبات الغاب من نباتات المستنقعات القصبية.

٤- طور المروج

عندما تختفي نباتات المستنقعات تزداد كمية الضوء التي يتعرض لها الرواد الأوائل من حشائش المروج Meadow grasses التي تزداد بالتدرج، وهي تتألف من نباتات كثيرة ذات ريزومات كبيرة متشابكة تخرج منها جذور كثيفة كثيرة التفرع يلتف بعضها حول بعض فتصنع ما يشبه البساط، وبالتالي تجف التربة وينخفض مستوى الماء إلى بضعة سنتيمترات، ومن أمثلة نباتات المروج أنواع كثيرة تابعة لجنس كاركس *Carex* وجنس الأسل *Juncus*، وعندما تصل بيئة المروج إلى حالة معينة من الجفاف تتلاشى هذه النباتات تدريجياً ويحل محلها بعض النباتات العشبية

كالنعناع *Mentha* ثم تبدأ بعض الشجيرات في الظهور، وغالباً ما تكون بالبيئة بعض المناطق المنخفضة التي تكون فيها نسبة كبيرة من الماء فتبقى بعض النباتات كالأسل وتظل موجودة حيث يزيد جفاف التربة.

٥- طور الشجيرات

عندما يزداد جفاف الوسط البيئي يصبح ملائماً لنمو بعض الشجيرات Shrubs والأشجار الصغيرة من الأنواع التي تستطيع تحمل تشبع التربة بالماء حول جذورها مثل الصفصاف *Salix* التي تتكاثر بسرعة وتغطي مساحات كبيرة مكونة أحراجاً كثيفة. وينمو معها بعد ذلك أشجار أخرى كالحور *Populus* فتزداد مساحتها وتضفي ظلاً على البيئة، وذلك يجعل البيئة غير صالحة للأنواع المحبة للضوء التي يتكون منها مجتمع المروج فتختفي هذه الأنواع تدريجياً حتى تختفي نهائياً وتحل محلها الأعشاب المحبة للظل فتنمو بين الأشجار والشجيرات.

٦- طور الغابة الذروي

يبلغ التعاقب المائي طور الغابة الذروي Forest climax stage نتيجة زيادة نسبة الدُّبال في التربة، ونتيجة للظل والرطوبة على الأرض تزداد نسبة تحلل الأوراق والأجزاء المتساقطة من الشجيرات والأشجار نتيجة نمو البكتريا والفطريات على الأوراق وأجزاء النباتات المتساقطة ويؤدي ذلك إلي ظهور مجتمع جديد من النباتات والكائنات الدقيقة. وتشجع زيادة نسبة الدُّبال Humus في التربة على نمو أشجار مثل البلوط *Querecus* والمران *Fraxinus* والهيكوري *Carya* وتحت هامات مثل هذه الأشجار تنمو مجتمعات مختلفة من الشجيرات والأعشاب المصاحبة.

التعاقب الجفافي

تبدأ سلسلة التعاقب الجفافي Xeroseres الأولي على الصخر أو الرمال وغالبا ما تبدأ بمرحلة الأشن القشرية، أما التعاقب الجفافي الثانوي فقد يبدأ بالنباتات الحولية التي يمكنها النمو من بذور منقولة أو بانتشار نباتات عشبية معمرة من منطقة مجاورة.

١- طور الأُشْن

الأُشْنَة Lichen عبارة عن فطر وطحلب يعيشان معيشة تكافلية Symbiotic يحصل منها الفطر على غذائه الكربوهيدراتي عن طريق الطحلب ويحتمي الطحلب بالفطر من الجفاف، وما يجعل الأُشْن أولي مراحل التعاقب الجفافي هي قدرة أنواع منها تسمي الأشن القشرية Crustose lichens يمكنها العيش علي الصخور الجافة، وخلال عملية تنفس هذه الأُشْن وذوبان ثاني أكسيد الكربون في ماء الندي يتكون حمض الكربونيك الذي يعمل على تفتيت الصخور فتتمكن أشباه الجـذور مـن اختراق الصخر لبضعة مليمترات فتتمكن من امتصاص العناصر المعدنية التي تحتاجها وتحصل على النتروجين من الماء والغبار الذي تحمله الرياح، وينتشر الأشـن مـن صخرة إلي صخرة بوساطة الأبواغ Spores أو وحدات تكاثرية خاصـة تعـرف بالسوريدات Sori، ومع استمرار تحليل الأشن للصخر وبفعل عوامـل التفتيـت الأخرى في البيئة تصبح تغيرات التربة أكثر ملاءمة لظهور نباتات أخرى غير الأشن، ويختلف ذلك باختلاف نوع الصخور ودرجة قابليتها للتحلل بالأحماض الناتجة من الأُشْن فتصبح البيئة ملائمة لنمو أنواع من الأُشَـن تُـسمى الأشـن الـشجيرية Fruticose lichens تعمل على ارتفاع رطوبة التربة وزيادة الدبال بها، الأمر الذي يساعد على تغير الظروف البيئية لنمو مجموعة أخرى من النباتات هي الحزازيات.

٢- طور الحزازيات

عندما تزداد تجمعات التربة وبصفة خاصة في الشقوق والمنخفضات الصغيرة من الصخر يبدأ ظهور الحزازيات Mosses التي يمكنها العيش في بيئة جفافية، أهمها عدة أنواع من جنس بوليتريكم *Polytrichum* والحزاز الأسود *Grimmia* والحزاز اللولبي من جنس تورتولا *Tortula* وكلها تكون قد هاجرت إلي المكان عن طريق أبواغها، وبنمو الحزازيات تتشابك أشباه جذورها وتتفرع وتدخل في منافسة مع أشبه جذور الأشن الورقية فتتغلب عليها، وسرعان ما تتجمع حبيبات التربة وبقايا الأشن وما تذروه الرياح من سيقان الحزازيات فيزيد سمك طبقة التربة الخصبة وتصبح ملائمة لنمو بعض الأعشاب.

٣- طور الأعشاب

تبدأ بعض النباتات العشبية Herbs الصغيرة في النمو، وخصوصاً الحوليات القصيرة العمر، وبزيادة نموها تزداد نسبة الدبال في التربة ويزداد تماسكها ورطوبتها وذلك يسمح بنمو نباتات الأعشاب الثنائية الحول والمعمرة، وتؤدي الزيادة المطردة للأعشاب إلي زيادة الظل على سطح التربة فتزداد رطوبتها وهذا يسمح بنمو كائنات التربة الدقيقة من بكتريا وفطريات فتزداد التفاعلات التي من شأنها أن تسمح بنمو المزيد من الأعشاب، ويؤدي هذا إلي القضاء على أطوار الأشن والحزازيات وزيادة طور الأعشاب، ومن أهم الأعشاب الرائدة في هذا الطور البوا *Poa* والفستوكا *Festuca* والفرباسكم *Verbascum*.

٤- طور الشجيرات

يؤدي نمو الأعشاب المعمرة وما سبقها وما يعيش معها من نباتات إلي زيادة سمك طبقة التربة وزيادة خصوبتها، الأمر الذي يعطي الفرصة لنمو

الشجيرات التي تبدأ عادة من البذور أو تأتي من مناطق مجاورة، وبزيادة نمو هــذه الشجيرات وزيادة كثافتها تلقى ظلالها على الأعشاب. وعندما تصل غزارة هذه الشجيرات إلي حد معين تصبح درجة الإضاءة غير كافية لنمو الأعشاب فتضمحل وتندثر تدريجياً، ويزداد تجمع أوراق النباتات المتساقطة على أرضية المكان فتتحلل جذورها في التربة فتزداد خصوبة التربة ورطوبتها، الأمر الذي يسمح بتعمق نمــو جذورالنباتات في التربة وذلك يسمح بتوافر الماء الأمر الذي يجعل الظروف مناسبة لنمو الشجيرات والأشجار.

٥- طور الغابة الذروي

يظهر طور الغابة الذروي Forest climax stage أول ما يظهر عندما تنمو أشجار تستطيع تحمل الجفاف نسبياً، والتي تنمو على شكل نباتات متباعــدة، ولا تلبث أن ترتفع الأشجار ويزداد انتشارها أفقياً فتتشابك غصونها على شكل مظلــة تظلل ما تحتها من شجيرات وأعشاب، وتنمو تحت هذه الأشجار أعشاب قــادرة على الحياة في رطوبة مرتفعة وضوء خافت كما تنمو أيضاً الحزازيات والفطريــات والسراخس، ومع زيادة التفاعلات التي تحدث بين الأشجار والبيئة تتحسن خواص التربة وتزداد الكائنات الدقيقة التي تنمو بها ويزداد سمك طبقة التربة المناسبة لنمــو الأشجار الوسطية، وفي النهاية تتغير البيئة كما يحدث في حالة التعاقب المائي من بيئة متطرفة إلي بيئة متوسطة من حيث العلاقات المائية، ويتطلب ذلك تغيرًا في أنــواع النباتات التي يتكون منها الكساء الخضري. ويوضح **شكل ٢-٨** مراحل التعاقب الجفافي الثانوي من الأعشاب الحولية حتى المجتمع الذروي.

خصائص المجتمع الذروي

يتميز المجتمع الذروي Climax community بالخصائص التالية:-

١- يميل إلى أن يكون وسطياً Mesic من حيث المناخ والعلاقات المائية فيه والنباتات التي تنمو به.

٢- يوجد به عدد كبير من الأنواع ويكون التنوع به أكثر كثيراً من المجتمعات غير الذروية التي يكون بها تجمعات كبيرة لعدد قليل من الأنواع.

٣- يميل إلى التعضي بدرجة كبيرة حيث تكون الطبقية أكثر تعقيداً، كما تكون الشبكات الغذائية وسريان الطاقة أكثر تعقيداً عن ما في المجتمعات الرائدة.

٤- يستطيع أن يتحمل التفاعلات الخاصة به، والتي تتضمن التغيرات غير التوجيهية والتغيرات اليومية والموسمية في الطقس.



شكل ٢-٨: رسم تخطيطي لمراحل التعاقب الجفافي الثانوي بدءاً من طور النباتات الحولية حتى طور الأشجار الباسقة في طور الغابة الذروي.

الفصل الخامس

بيئة الجماعات النباتية

مفهوم الجماعة

الجماعة Population هي مجموعة أفراد تتبع نفس النوع وتعمل داخل إطار بيئي خاص وبينها علاقات وتداخلات حيوية تنظم نموها وتكاثرها وإنتشارها، والجماعة في مجال البيئة ربما تقابل ما يعرف بالجماعة المندلية وهى مجموعة من الأفراد تتكاثر جنسياً وبينها درجة قرابة عالية ويمكنها تبادل الجينات فيما بينها دون عوائق، وحيث أن توزيع الأنواع غالبا ما يكون غير متصل جغرافياً حيث تعمل الحواجز الطبيعية والمسافة وعوامل أخرى إلي استحالة حدوث التزاوج بين جميع أفراد النوع، فإن الأفراد تميل إلي التزاوج فيما بينها فى جماعات محلية Local populations، تتزاوج فيما بينها جنسياً متقاسمة مستودع جينى مشترك Common gene pool، والمستودع الجينى عبارة عن كل المعلومات الوراثية التى تملكها الأفراد المتكاثرة فى جماعة ما، وداخل هذا المستودع الجينى توجد علاقات دينامية بين الآليلات وبعضها وبينها وبين الجينات الأخرى والبيئة التى تعيش فيها هذه الجماعة حيث تؤدى العوامل البيئية إلي تغيير فى التكرارات الجينية وبالتإلي إلي إحداث التغيرات التطورية فى العشائر المحلية.

وفي مجال علم البيئة تعد الجماعات البنية الأساسية التي تتكون منها المجتمعات، فهي تنظيم تركيبي ووحدة وظيفية وطراز من النمو يمكن التعرف علي خصائص عامة لها تميزها عن مكونات الطيف البيولوجي الأخري، وتركيب الجماعات قابل للتجديد من حيث عدد الأفراد والكثافة والانتشار المكاني

والمجاميع العمرية والنسب الجنسية وتنظيم التوالد، وغالبا ما يتحـــدد تركيـــب الجماعة بكثافة الأنواع التي تكونها، وتتأثر الكثافة بعدة عوامل أهمها معـــدلات الوفاة Mortality ومعدلات الولادة Natality والهجرة القادمـــة (الاســـتيطان) Immigration والهجرة المغادرة (الإغتراب) Emigration.

نمو الجماعات

ليست الجماعات كيانات ثابتة بل أنها تنمو وتتسع من حيث الحجـــم والكثافة، وقد أثبتت الدراسات العديدة علي أن نمو الجماعات يحدث علـــي شكل منحني لوجستيكي يتميز ببداية بطيئة يتبعها فترة نمو سريع يتسم بزيادات يعبر عنها رياضيا بزيادة أسية توضحها المعادلة التاليـــة، حيـــث y = حجـــم الجماعة، t = الزمن، r = أعلي معدل للزيادة، k = درجة الثبات.

$$\frac{dy}{dt} = ry\,(1-y/k)$$

ومع مرور الوقت يتناقص معدل الزيادة إلي أن يصل إلي حد أقـــصي تصل عنده الجماعة إلي حالة ثبات كما يتضح من **شكل ٢-٩**.



شكل ٢-٩: منحني النمو اللوجستيكي للجماعات النباتية.

العوامل المؤثرة علي نمو الجماعات

رغم القبول الواسع لمعادلة النمو اللوجستيكي للجماعات، فإن هناك إدراك عام من كل علماء البيئة أن الجماعات كيانات متغيرة تنمو وتتسع وقد تنحدر وتتقلص، ومن المعروف أن حجم الجماعات يمر بتذبذبات Fluctuations من الزيادة والنقصان، قد تكون موسمية Seasonal تتعلق بتغيرات المناخ مع الفصول الأربعة، أو غير موسمية. والتغيرات الموسمية هي الأكثر إنتشاراً، كما أنها تتسم بدورية وانتظام وقوعها، ومن أمثلة التذبذبات الموسمية للمجتمعات الحيوية موسمية التكاثر وزيادة عدد الصغار عند توفر الغذاء والمناخ خلال فصل الربيع في المناطق الاستوائية والمعتدلة، وفي بعض جماعات الهوائم النباتية والحيوانية تحدث التذبذبات الموسمية في شكل تغيرات كبيرة تسبب زيادات حادة في تعداد الجماعة تسمي نبضات Pulses.

يتأثر نمو الجماعات بعدة عوامل تتأثر بعضها بكثافة الأفراد في الجماعة وتسمي عوامل معتمدة علي الكثافة Density dependent factors، و يضم البعض الآخر عوامل لا تتأثر بالكثافة Density independent factors. وللعوامل المعتمدة علي الكثافة تأثير طفيف علي أفراد الجماعة وغالبا ما تؤثر على معدلات نمو الجماعة من خلال تأثيرها علي تكاثر أفرادها، ومن ثم فإن لها دور كبير في تنظيم حجم الجماعات عن طريق خفض معدل المواليد أو زيادة معدل الوفيات، أما العوامل التي لا تتأثر بالكثافة فهي غالبا ما تقع فجأة مثل الأعاصير أو البراكين أو الفيضانات أو العواصف العاتية أو القحط الشديد، وينشأ عن تلك التغيرات الفجائية هلاك غالبية أفراد الجماعة، إلا أن بعض الأفراد تتوفر لها ملاجئ تحميها لتنمو منها جماعات جديدة.

وللكثافة تأثير كبير علي نمو الجماعات النباتية من خلال التنافس بين النباتات التي تنمو في موطن واحد يكون فيه عامل أو أكثر من العوامل الضرورية غير كاف، ويحدث التنافس بين النباتات علي الماء والضوء والمواد المعدنية في التربة، وكذلك من خلال إفراز مركبات كيميائية ضارة بالنباتات المجاورة، ولا يوجد التنافس في المراحل الأولي من تكوين المجتمعات النباتية حيث تكون النباتات متباعدة ولكنه يزداد بالتدريج مع زيادة عدد الأفراد وزيادة كثافة المجتمع النباتي ويستمر قائما بعد أن يصل الكساء الخضري إلي مرحلة الاستقرار. ويكون التنافس شديداً بين الأفراد التي تتشابه في احتياجاتها الغذائية والمائية والضوئية عندما تنمو كثيفة وتكون الاختلافات بينها من حيث الارتفاع وامتداد الأوراق وتغلغل الجذور طفيفة، ومقياس التنافس يكون علي أساس عدد النباتات التي تموت وعلي أساس الحيوية والقدرة علي إنتاج الثمار والبذور. ويوضح **جدول ٢-٥** التالي أثر الكثافة علي هذه المعايير.

جدول ٢-٥: تأثير الكثافة مقدرة بعدد النباتات في وحدة المتر المربع في أرض الحشائش علي حياة النباتات وحيوتها وقدرتها علي إنتاج البذرو.

عددالأفراد في المتر المربع	عدد الأفراد التي تموت	متوسط عدد الأوراق للنبات	متوسط مساحة الأوراق	عدد النباتات التي تعطي بذور
١٠	صفر	٢١٠	٣٥٠٠	١٠
٢٠٠	١٥	٢٢٠	٢٢٠٠	١٦٥
٦٥٠	٣٥٦	١٢٠	٥٥٠	٥٥
١٢٤٠	٩٢٠	٤٤	٢١٠	صفر

السعة الحملية للجماعة

قد تصل الجماعة أو مواقع داخلها إلي كثافة قصوي تسمي نقطة التشبع Saturation point لا تتجاوزها حتي مع توفر الغذاء وموائل النمو في بعض مواقعها، ومن ثم تصل الجماعة أو بعض المناطق بها إلي ما يسمي بالسعة الحملية Carrying capacity وهي العدد الكلي للأفراد التابعة لنوع ما تعيش في موطن بيئي واحد تحت ظروف بيئية مشتركة، وقد تتغير السعة الحملية للجماعة بالزيادة أو النقص مع الوقت لأن التغيرات الموسمية تسبب تغيراً في ظروف البيئة بما يؤثر علي وفرة الغذاء والمأوي، كما تتأثر بتغير كثافة الجماعة التي تتأثر بدورها بالتنافس علي مصادر الغذاء والمأوي وانتشار الأمراض وعلاقات التزاوج في الجماعة.

الانتخاب وتوازن الجماعة

الانتخاب Selection هو التكاثر التفضيلى غير العشوائى للتراكيب الوراثية مما يسفر عن تغيير الاتزان بين التكرارات الآليلية فى الجماعة، وعلى سبيل المثال إذا كان الآليل A يجعل الكائن أكثر قدرة على التكاثر عن الآليل a فإن تكراره سوف يزداد، ويؤدى استمرار الانتخاب على هذا النحو إلي انخفاض تكرار الآليل a لصالح الآليل A، وبذلك يؤدى الانتخاب إلي تغيير البنية الوراثية لأى عشيرة فى حدود التباين الوراثى الموجود بالفعل فى هذه العشيرة والظروف البيئية التي تعيش فيها، وتعتبر الجماعات الطبيعية مستودعات غنية للتباين الوراثى، وفى كل جماعة يكون هناك تباين وراثى وتباين بيئى ناتج عن تأثير العوامل البيئية التي تعيش فيها الجماعة، وعند دراسة بيئة الجماعات يكون من المهم تحديد مقدار التباين الوراثى وأهميته.

ولاشك أن انتخاب تراكيب وراثية معينة من بين أفراد النوع تمنح الأفــراد الحاملين لها مميزات تساعدها علي زيادة قدرتها على البقاء والتكاثر، إلا أنــه مــن الصعب التصور أن لأى من الآليلات الفردية منح فرد أو مجموعة من الأفراد القدرة على البقاء والتكاثر لأن الكائن بأكمله بكل ما يحتويه من جينات هو الذى يعــيش ويتكاثر،، ويتحقق البقاء والمواءمة للأفراد ذات التراكيب الوراثية التي يمكنها التغلب فى بيئات بعينها، ومع ذلك يمكن إيضاح تأثير الانتخاب على التكــرار الــوراثى بدراسة زوج واحد من الآليلات الانعزالية A, a فى جماعة كبيرة.

الأساس الوراثي لتوازن الجماعة

في غياب الانتخاب وعدم تداخل عوامل أخرى تكون التكــرارات الآليليــة للجينات فى جماعة تتزاوج عشوائيًا فيما بينها فى حالة اتزان من جيل إلي جيل يــسمى اتزان هاردى- فاينبرج Hardy-Weinberg equilibrium، وعندما يكــون التــزاوج داخل الجماعة عشوائياً يكون من الممكن التنبؤ بمعرفة تكــرار التراكيــب الوراثيــة والأشكال الظاهرية بالنسل، ولحساب ذلك يرمز للآليل السائد A بالرمز p وللآليــل المتنحى a بالحرف q ويمكن حساب كل التوافيق الممكنة من **الجدول التالي**:-

	p A	q a
p A	p^2 AA	pq Aa
q a	pq Aa	q^2 aa

من الجدول السابق استخلص كل من هاردى وفاينبرج أن التراكيب الوراثيــة المتوقعة بالنسل للجاميطات A وa يكون حاصل جمعها =١ **وأنــه يمكــن تلخــيص التكرارات المتوقعة للتراكيب الوراثية بالنسل من المعادلة التالية**:-

$$(\rho+q)^2 = P^2 + 2\rho q + q^2 = 1$$

AA 2Aa aa

وقد أشار كل من هاردى وفاينبرج إلي أن أى جماعة تستوفى الشروط الـتى بنيت عليها هذه المعادلة فإنه لابد ألا يحدث بها تغيير فى تكرار الآلـيلات بجاميطـات النسل من جيل إلي جيل، وأنه إذا كانت الجماعة فى حالة عدم اتزان فإن جيلاً واحداً من التزاوج الحر سيكون كافيا لتوصيلها إلي التوازن الوراثى طالمـا كانـت شـروط التوازن كما فرضها هاردى وفاينبرج متوفرة **وهى**:-

١- أن تكون الجماعة كبيرة الحجم وأن يكون التزاوج حراً (قدرياً).
٢- عدم وجود انتخاب فلا يوجد معدل وفيات تفضيلى أو معدل تكـاثر تفضيلى لتركيب وراثى بعينه.
٣- أن تكون الجماعة مغلقة أى لا تحدث هجرة منها أو إليها.
٤- ألا تحدث طفرة من حالة آليلية إلي أخرى وأن يكون معدل الطفور بين الآليلين متساو.
٥- أن يكون الانقسام الميوزى هو العامل الوحيد الفعال فى تكوين الجاميطات.

الباب الثالث

العوامل البيئـية وأثرها علي النبات

الفصل الأول: **أسس عامة**

الفصل الثاني: **عوامل المناخ**

الفصل الثالث: **عوامل التربة**

الفصل الرابع: **عوامل التضاريس**

الفصل الخامس: **العوامل الأحيائية**

الفصل السادس: **تأقلم النباتات مع عوامل البيئة**

الفصل الأول

أسس عامة

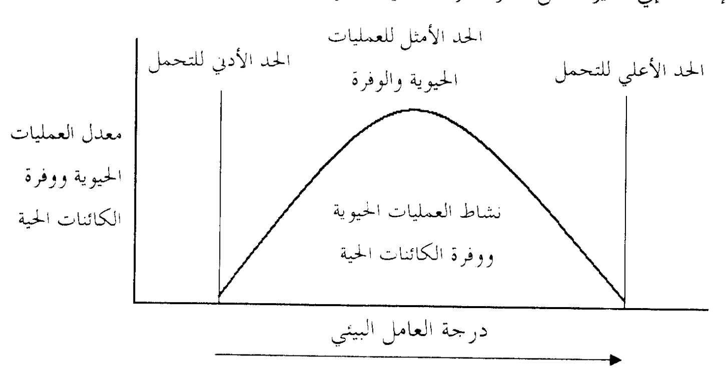
مدي تأثير العوامل البيئية

تتأثر حياة النبات والعلاقات المتبادلة بين النباتات وبعضها البعض ومع الحيوانات التي تعيش معها في مجتمعات حيوية بالعناصر غير الحية في النظام البيئي وبصفة خاصة عوامل المناخ والتربة، فتفاعل تلك العوامل معاً وتأثيرها المشترك علي الكائنات الحية هي الأساس الذي تقوم عليه المجتمعات الحيوية، فالعمليات الحيوية التي تقوم بها الكائنات الحية مثل النمو والتنفس والبناء الضوئي والتكاثر تتأثر إلي حد كبير بالتغير في عوامل البيئة، وتختلف درجة تأثير عومل المناخ والتربة علي العمليات الحيوية فبعض العوامل مثل وفرة الماء من العوامل الضرورية التي لا تحيا الكائنات الحية دون وفرها، ومن ثم يعتبر الماء من العوامل المحددة للحياة، أما كمية الماء المتاحة للكائن الحي فلها كغيرها من العوامل تأثير مضطرد علي معدل العمليات الحيوية حتي الحد الأمثل يبدأ بعدها تناقص معدل العمليات الحيوية.

ويتبع تأثر العمليات الحيوية للكائنات الحية قانون القيمة الصغري للعالم لايبيج Leibig الذي ينص علي أن العمليات الحيوية للكائنات الحية تستلزم وجود مواد أساسية عند حد أدني يقارب الحد الأدني لاحتياج الكائن الحي للبقاء والنمو والتكاثر، مثال ذلك وفرة الماء، ويتفق رأي علماء النبات علي أن العمليات الحيوية للنباتات وإنتاجيتها في مجتمع ما تعتمد بالدرجة الأولي علي وفرة الحد الأدني للعامل المحدد وليس علي العوامل البيئية السائدة في المجتمع، إلا أن العوامل البيئية لا تعمل منعزلة عن بعضها البعض وإنما تتداخل معا فيما يسمي بتداخل العوامل

Factors interaction بما يؤدي إلي تأثير مشترك علي النباتات. وقد يؤدي وجود أحد العوامل البيئية بوفرة في الوسط البيئي إلي التأثير علي أثر العامل المحدد مع ثبات العوامل الأخري.

ويستند أثر العامل المحدد علي حياة الكائنات الحية إلي ما يسمي قانون شيلفورد للتحمل Shelford's law of tolerance، ويشير هذا القانون إلي أن العامل المحدد لا يرتبط فقط بوجوده في حد أدني بل تؤدي زيادته إلي تأثيره كعامل محدد أيضا، ويضع قانون شيلفورد حدوداً لتحمل الكائنات الحية للعوامل البيئية مثل الحرارة والضوء والماء منها حدود دنيا Minimum وحدود قصوي Maximum وينحصر بينها مدي يمثل حدود التحمل Limits of tolerance تتوسطه درجة مثلي Optimum لممارسة الكائنات الحية لعملياتها الحيوية وتوجد عندها الكائنات الحية في المجتمع عند أقصي درجة من الوفرة (**شكل ٣-١**)، وتتأثر هذه الحدود هي الأخري بتداخل العوامل بما يؤدي إلي زيادة أو تناقص الكائنات الحية المعرضة لعامل محدد إستناداً إلي تأثير عامل آخر بطريقة غير مباشرة.



شكل ٣-١: رسم تخطيطي لمدي تحمل الكائنات الحية للعوامل البيئية.

تعويض تأثير العوامل البيئية

تسلك الكائنات الحية بعض السبل لتعويض التأثيرات غير المواتية للعوامل البيئية من أجل تخفيض تأثيراها المحددة لحياها فيما يعرف بتعويض تأثير العوامل البيئية Factors compensation، ومن الأساليب التي تسلكها أنواع النباتات في هذا السبيل تكيفها مع هذه العوامل، مثال ذلك تكيف بعض الأنواع النباتية مع درجات متفاوتة من العوامل البيئية، وقد تكون تلك التكيفات شكلية أو وظيفية. ومن التكيفات المعروفة للنباتات مع ظروف البيئة توقيت نشاطاها الحيوية وتنظيم دورات حياها مع التغيرات الدورية في العوامل البيئية، مثال ذلك تواقت إنبات بذور النباتات الحولية في الصحاري مع سقوط المطر في الربيع ونموها السريع لتكوين البذور قبل حلول موسم الصيف الحار، وعلي مستوي المجتمع ككل تقوم النباتات بالتأثير في العوامل البيئية بما يؤدي إلي تحسينها وخفض تأثيرها، مثال ذلك المجتمع النباتي في الغابات حيث تغير الأشجار الكبيرة من الظروف البيئية حولها بما يقلل من شدة الضوء ويزيد من كمية الرطوبة بما يناسب النباتات ذات الاحتياجات الأقل من الضوء والاحتياجات الأعلي من الرطوبة.

أنواع العوامل البيئية

تنقسم العوامل البيئية التي تؤثر علي حياة الكائنات الحية إلي عوامل غير أحيائية منها عوامل يتحكم فيها المناخ مثل وفرة الماء والرطوبة النسبية في الهواء ودرجة الحرارة وشدة الضوء والرياح، وعوامل التربة والتضاريس، وعوامل أحيائية تتمثل في تأثير النباتات علي بعضها البعض وتأثرها بالحيوانات والكائنات الدقيقة.

الفصل الثاني

عوامل المناخ

مقدمة

تشمل عوامل المناخ Climatic Factors الخصائص العامة للمناخ في منطقة ما مثل الحرارة والضوء والماء والرطوبة والرياح وتغيرات هذه الخصائص علي مدار العام، كما أن هذه العوامل تختلف بدرجة كبيرة من منطقة إلي أخرى وداخل نفس المنطقة وحتى نفس المكان، وتعرف عوامل المناخ في وقت ما بالطقس Weather. والطقس يتغير من يوم إلي يوم وربما من ساعة إلي ساعة أما المناخ فيعيد نفسه من سنة إلي أخري ولذلك يمكن توقع المناخ ويصعب توقع الطقس. وقياس عوامل المناخ ذو فائدة كبيرة، إلا أن قياس شدة الضوء ودرجات الحرارة والرطوبة النسبية وكمية المطر وسرعة الرياح تعكس المناخ العام في منطقة ما في وقت قياسها ولكنها لا تعطي معلومات موثوقاً بها عن الظروف المناخية السائدة على الكساء الخضري المراد دراسته، لأن القراءات التي تؤخذ لهذه العوامل مرة واحدة نادراً ما تكون ذات أهمية، ومن الضروري قياس هذه العوامل بصفة مستمرة وحفظها في سجلات خاصة في محطة أرصاد محلية.

ولكل مكان في المجتمع مناخ خاص يعرف بالمناخ الدقيق Microclimate والذي غالباً ما يتأثر بطبيعة الكساء الخضري، إذ تختلف العوامل المناخية مع ارتفاع الكساء الخضري، وتعبر الاختلافات اليومية والموسمية لقراءات المناخ في مكان ما عن حقيقة الظروف التي تعيش فيها النباتات في هذا المكان، وسوف نتناول هنا وصف أهم العوامل المناخية وبيان أثرها على النباتات.

أولاً: الماء

الأهمية البيولوجية للماء

تتضح الأهمية البيولوجية للماء من دوره الرئيسي في العمليات الحيوية الضرورية لحياة النبات، فهو أولاً يذيب المركبات الكيميائية الموجودة في التربة مكونة بذلك ما يسمى بمحلول التربة الذي يدخل إلي أنسجة النباتات ناقلاً إليها العناصر الغذائية اللازمة لبقائها ونموها، والماء داخل النبات يعمل أيضاً على تسهيل عمليتي الإذابة والتأين للأملاح الموجودة مسهلاً بذلك حدوث التفاعلات الكيميائية المعقدة التي تجري داخل أنسجة النبات وخلاياه، والماء كذلك من المواد الأساسية لحدوث عملية البناء الضوئي Photosynthesis كما أن وجود الماء في أنسجة النبات يعمل كملطف ومنظم لدرجة الحرارة داخل الأنسجة؛ إذ للماء المقدرة على امتصاص القدر الكبير من الحرارة دون ارتفاع كبير في درجة حرارته، ومن ثم تبقى العمليات البيولوجية داخل الأنسجة مستمرة دون أن تتأثر كثيراً بارتفاع درجة حرارة الجو. يعمل الماء أيضاً على بقاء خلايا النبات في حالة امتلاء، وهي الحالة التي بدونها لا تستطيع الخلايا القيام بوظائفها الحيوية.

والماء داخل التربة متصل مع الماء داخل الأنسجة النباتية في حركة مستمرة إلي أعلى نتيجة لفقد الماء من النبات في عمليات النتح، ومما يجدر ذكره أن الماء الذي يدخل النبات يفقد معظمه خلال عملية النتح، أما ما يدخل فعلاً في العم ومن الناحية البيئية فإننا نهتم فقط بدخول الماء وخروجه من النباتات؛ إذ إن هذه العمليات ترتبط بالظروف البيئية التي يعيش فيها النبات. ومن وجهة النظر البيئية سوف نتعرض للماء من حيث مصادره وأثره على الكساء الخضري.

تقسيم النباتات علي أساس حاجتها للماء

حيث أن الماء هو الوسط الذي تتم به جميع التفاعلات داخل الكائنات الحية ولا تقوم حياة بدونه، فإن النباتات تنقسم على أساس العلاقـات المائيـة Water relationships إلى نباتات وسطية Mesophytes تنمو في بيئة يتوفر بها الماء بقـدر معقول، ونباتات جفافية Xerophytes تنمو في بيئة جافة بها قدر ضئيل من المـاء، ونباتات مائية Hydrophytes تنمو في وسط بيئي رطب به قدر وفير من الماء، وقد تنمو النباتات في بيئة بها قدر من الملوحة فتسمي نباتات ملحية Halophytes.

ومن المعلوم أن النباتات الجفافية قد تأقلمت علي النمو في وسط بيئي جاف بحيث أصبحت قادرة على الحفاظ على توازن مائي مناسب لها، ولكل مجموعة من هذه النباتات طريقتها الخاصة للتكيف مع الوسط الذي تعيش فيه، فبعض النباتات الصحراوية شجيرات معمرة Perennials تتميز بأوراقها الصغيرة لتقليل الفقد المائي. ومجموعة أخرى من النباتات الصحراوية تسمى النباتات العصارية Succulents وهي تتميز بأنسجة لحمية يختزن الماء بها لكي تستخدمه في أوقات الجفاف الشديد، أمـا الحوليات الصحراوية Desert ephemerals فهي نباتات حوليـة Annuals تـشبه مثيلاتها التي تعيش في المناطق المعتدلة ولكنها ذات دورة حياة قصيرة؛ فبذورها تنبت مع سقوط المطر ثم سرعان ما تنمو وتزهر وتعطي ثمارها ثم تموت، وترقد البـذور الجديدة في التربة إلي أن تسقط كمية كافية من المطر فتبدأ الإنبات وتمـر بـدورة حياتها القصيرة مرة أخرى، وإذا زرعت النباتات الصحراوية مع نباتات وسطية في بيئة جافة فإن النبات الوسطي سوف يذبل ويموت لأنه لا يستطيع نقل الماء بـنفس معدل فقده له فتتوقف عملية البناء الضوئي به، في حين يستمر النبات الصحراوي في النمو دون أن يذبل؛ لأن به آليات للحفاظ على الميزان المائي، والماء لا يـسبب

مشكلة للنباتات المائية ولكن كمية ثاني أكسيد الكربون والأكسجين تكون هي العامل الحرج حيث أن تركيز هذين الغازين يكون أقل في الماء عنه في الهواء.

مصادر الماء للنباتات

تحصل النباتات على حاجتها من الماء عن طريق المطر والندي ومختلف أنواع التكثف الأخرى، وذلك في جميع البيئات عدا تلك التي تعتمد على الري من مورد مائي مستديم كالأنهار والآبار والعيون والبحيرات.

أ- المطر

يعتبر توزيع المطر Rainfall على مدار العام أهم العوامل التي تحدد الصفات العامة والمظاهر الموسمية للكساء الخضري، ولعل الماء ودرجة الحرارة هما أهم عاملين مؤثرين في تكوين كساء خضري في أية منطقة من العالم، وتختلف كمية المطر اختلافاً شديداً في المناطق المختلفة من العالم، فالمطر نادر السقوط في الصحاري القاحلة غزير في المناطق الاستوائية والمناطق الباردة. ويعتبر توزيع المطر ومواعيد سقوطه على مدار العام سمة هامة من سمات المناخ في المناطق المختلفة من العالم. ويحدد المطر كثيراً من المظاهر والخصائص الخاصة بالكساء الخضري في المناطق المختلفة من العالم **ومن أمثلة ذلك ما يلي:-**

١- في حوض البحر الأبيض المتوسط يتسبب المطر في ظهور الكساء الخضري بمظهرين مختلفين أثناء العام؛ ففي الشتاء وخلال الربيع - وهذه فترة سقوط الأمطار في تلك المنطقة - تزداد التغطية النباتية كثيراً خلال فصل الربيع بسبب وفرة الماء واعتدال درجة الحرارة وتكثر النباتات الحولية Annuals والموسمية Ephemerals، أما في الصيف - وهو فصل الجفاف حيث تقل

الأمطار أو تنعدم – فتنقص التغطية النباتية ويصبح الكساء الخضري غير متصل أي تظهر النباتات متباعدةً تفصلها مسافات واسعة.

٢- في أفريقيا وآسيا تقل الأمطار كلما بعدنا عن الساحل واقتربنا من الهضبة الصحراوية العظمى، ولذلك فإن الجفاف يزداد شدة خلال فصل الصيف كما تقل الأمطار الساقطة في الصحراء عن طريق التبخر.

٣- في المناطق الجبلية والتي تعترض فيها الجبال طريق الرياح المحملة بالأمطار يكون الجانب المواجه للرياح عرضة لأمطار أغزر مما يتعرض له الجانب البعيد عن الرياح، ولذلك فإن الكساء الخضري يختلف على سطوح الجبال، فنجد سطوح الجبال المعرضة للرياح المطيرة تكسوها النباتات في حين أن السطوح غير المعرضة للرياح ذات كساء خضري بسيط.

٤- يزداد المحتوى المائي للتربة بزيادة سقوط الأمطار كما تزداد شدة التبخر خلال الفترة التي تعقب موسم سقوط الأمطار، ويؤدي التوزيع الموسمي للمطر دوراً كبيراً في المحتوى المائي للتربة ويعتمد ذلك على مقدار المطر الكلي ونوع التربة ونوع الكساء الخضري ودرجة انحدار التربة، وهذه العوامل تحدد أيضاً كمية المطر الذي يفقد بالإنسياب السطحي.

٥- يعتبر المطر من العوامل المحددة Limiting factors للكساء الخضري، فزيادة كمية المطر في أحد المواسم تتسبب في ازدهار الكساء الخضري، في حين يكون الكساء الخضري فقيرًا خلال السنوات التي يسقط فيها مطر قليل.

فاعلية المطر

تستمد الأراضي - في معظم الأحيان - رطوبتها من المطر، ولكن الأنواع المختلفة من الأمطار ليست ذات تأثيرات متساوية في رفع المحتوي المائي للتربة، فإذا كان المطر مستمرًّا وقليلاً فإن التربة يكون أمامها الفرصة لأن تمتص أكبر قدر ممكن منه، وتكون نسبة ما يفقد عن طريق الإنسياب السطحي أقل ما يمكن، وبالطبع كلما زادت كمية المطر كانت أمامه الفرصة لأن يتغلغل في باطن التربة بعيداً عن سطح التربة المعرض للجفاف السريع، وهذا يعني في مجمله أن المطر المستمر ببطء على منطقة ما تكون له فاعلية كبرى في مد النباتات بقدر كبير وفعال من الرطوبة الأرضية. **وتتوقف فاعلية المطر على العوامل التالية:-**

١- توزيع المطر على مدار السنة، فإذا فرضنا أن منطقة ما يسقط عليها سنوياً كمية من المطر يساوي ١٥٠مم، فإننا نجد كمية الغطاء النباتي وصور حياته والأنواع الداخلة في تركيبه تختلف باختلاف توزيع المطر على مدار السنة.

٢- نوع التربة والغطاء النباتي والعوامل الجوية المحيطة، فالتربة الرملية يتسرب خلالها المطر ليصل إلي أعماق قد تكون في الغالب بعيدة عن جذور النباتات فلا تستفيد منها، أما التربة الصلدة فلا تنفذ خلال مسامها المياة بل تنساب عليها إلي نهر أو بحر أو منخفض، وبالتالي لا تكون هناك فرصة لماء المطر أن يصل إلي مناطق الجذور، ومن ثم فإن التربة المتوسطة القوام تكون أكثر استفادة من كمية ماء المطر أكثر من أي أنواع التربة الأخري.

٣- درجة انحدار سطح الأرض، فكمية المطر التي تسقط على سفوح الجبال تنحدر من فوقها للتجمع في باطن الوديان ، الأمر الذي يجعل أراضي هذه المنخفضات تستقبل أضعاف ما تسجله محطات الأرصاد من بيانات عن

معدل سقوط الأمطار وبالتالي تكون فاعلية الأمطار كبيرة في الوديان وضعيفة في المنحدرات.

٤- يؤثر الكساء الخضري أيضاً على فاعلية المطر فالأشن والحزازيات قد تمتص كميات المطر التي تنزل على منطقة ما ولا تسمح له بالتسرب داخل باطن التربة فلا تستفيد منها النباتات ذات الجذور العميقة. وعلى العكس من ذلك تعمل الأشجار ذات الأغصان والأوراق الكثيرة على احتجاز كميات كبيرة من ماء المطر فلا تصل إلي الأرض لتستفيد منها النباتات العشبية والحوليات، كما أن بعض النباتات مثل الذرة لها أوراق طويلة ميزابية الشكل تعمل كقنوات لجمع الماء لتلقي به في منطقة محدودة حول الساق، بل أن الصفات التشريحية والفسيولوجية للنباتات أيضاً تؤثر على فاعلية المطر؛ فإذا كانت النباتات لها القدرة على الإقلال من النتح كان ذلك كفيلاً بالمحافظة على ماء التربة وبالتالي زيادة فاعليته.

٥- العوامل المناخية السائدة في الموقع مثل سرعة الرياح ودرجة الحرارة وكمية بخار الماء في الجو ومقدار النقص في درجة التشبع كلها عوامل لها تأثير عظيم على فاعلية المطر.

تقدير فاعلية المطر

يمكن تقدير فاعلية المطر بقياس مدى تعمق ماء المطر في التربة ومدى بقائه في حالة تسمح بأن تستفيد منه البذور في إنباتها والنباتات في نموها، وتختلف فاعلية المطر من نبات إلي آخر تبعاً للنوع والجنس طالما كانت الظروف المناخية الأخرى ثابتة، وإن كانت هذه الطريقة المباشرة تعتبر الطريقة المثلى إلا أن فاعلية المطر يمكن

تقديرها بعلاقات حسابية، وذلك بربط كمية ما يسقط من المطر بالعوامل الجوية الأخرى السائدة في المكان **ويمكن التعبير عن فاعلية المطر بالمعادلات الآتية:-**

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{كمية البخر بالمليمتر}}$$

كما أن هناك علاقة قديمة تعبر عن فاعلية المطر هي:-

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{درجة الحرارة}}$$

ولتجنب الحصول على نتائج سالبة قام دي مارتون De Martonne بإدخال بعض التعديلات على هذه المعادلة فوضع المعادلة الآتية:-

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{درجة الحرارة} + ١٠^{\circ}\text{م}}$$

ولكن مثل هذه المعادلة تستخدم فيها المتوسطات السنوية وهي عديمة القيمة من الناحية البيئية، ومن ثم فقد وضعت المعادلة الآتية لتقدير فاعلية المطر الشهرية:-

$$\text{فاعلية المطر الشهرية} = \frac{\text{كمية المطر} \times ١٢}{\text{درجة الحرارة} + ١٠^{\circ}\text{م}}$$

وقد عبر ماير Mayer عن فاعلية المطر بوضع علاقة تربط كمية المطر **بالعجز في درجة التشبع كما يلي:-**

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{العجز في درجة التشبع}}$$

وتعود كفاية هذه العلاقة في أن قوة التبخير تتناسب طردياً مع العجز في ضغط بخار الماء في الجو (أي مع العجز في درجة التشبع) أكثر مما تتناسب مع أي من الرطوبة النسبية أو درجة حرارة الجو، وفي عام ١٩٥٥م قام العالم الفرنسي إمبرجير Emberger بمحاولة ربط كمية المطر بمتوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة ووضع العلاقة في معادلة سماها معامل الجفافية Q.

$$Q = \frac{2000\,P}{M^2 - m^2}(M - m)$$

حيث P الضغط الجوي و M هي متوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة وm هي متوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة.

وتجدر الإشارة أنه كلما صغرت قيمة Q كانت جفافية الموقع شديدة، أما ارتفاع قيمة Q فتعبر عن زيادة فاعلية المطر، وإذا طبقنا هذه المعادلة على جمهورية مصر العربية نجد أن Q لمدينة الإسكندرية هي ٢٠ وللقاهرة ٢ فقط، ومن ثم يبدو واضحاً أن المناطق الصحراوية المجاورة للقاهرة شديدة الجفافية إذا ما قورنت بالمناطق الساحلية، ولاشك أن كمية المطر هي عامل أساسي في الاختلاف الكبير في طبيعة الكساء الخضري بين المناطق حول القاهرة والإسكندرية.

ب- الندي

يعتبر الندي Dew مورداً مائياً هاماً بالنسبة لبعض النباتات وخصوصاً الحزازيات والأشن الجفافية وبعض النباتات العشبية الصغيرة، ويفسر ذلك ظهور نباتات حولية وموسمية في أماكن لم يسقط بها أمطار في المناطق الصحراوية وهذه

النباتات تعتمد على الندي كمورد مائي أساسي لها، وتستطيع النباتات الوعائية امتصاص بعض الندي المتكاثف عليها ويتسرب بعض الندي إلي التربة فتمتصه جذور النباتات ويتطاير جزء من الندي على هيئة بخار مع ارتفاع درجة الحرارة أثناء النهار، والعاملان اللذان يسببان تكاثف الندي هما ارتفاع الرطوبة النسبية وانخفاض درجة الحرارة.

ويوجد نوعان من الندي:-

١- الندي الخارجي

الندي الخارجي External dew هو الندي الذي يتكثف على سطح الأرض وأوراق النباتات نتيجة ارتفاع الرطوبة النسبية وانخفاض درجة الحرارة أثناء الساعات الأخيرة من الليل.

٢- الندي الداخلي

الندي الداخلي Internal dew هو ندي يتكاثف تحت سطح الأرض تحت تأثير الاختلافات في درجة الحرارة بين طبقات التربة، فبخار الماء ينتقل في التربة من الطبقات الدافئة إلي الطبقات الباردة فيتكاثف في الطبقة السطحية ويعمل على زيادة المحتوي المائي لهذه التربة ولكن سرعان ما يتبخر هذا الماء بعد سطوع الشمس.

ثانياً: الحرارة

الحرارة Temperature هي شكل من أشكال الطاقة، ومصدرها الشمس، والطاقة الحرارية من أهم العوامل التي تؤثر على الكائنات الحية، فدرجة الحرارة السائدة في المناطق المختلفة من العالم هي التي تحدد طبيعة المجتمعات الحيوية بهذه المناطق وخصائصها، فدرجة الحرارة في الماء لا تقل عن الصفر ولا تزيد عن ٣٦°م في حين قد تصل في المناطق الصحراوية إلي ٦٠°م، وفي الصحراء الجليدية بسيبيريا قد تنخفض إلي -٧٠°م تحت الصفر، وفي المناطق المعتدلة تتراوح بين بضع درجات فوق الصفر ونحو ٣٥°م.

لعل التأثيرات البيئية لدرجة الحرارة تعود إلي التغيرات في درجة الحرارة بين الليل والنهار وعبر فصول السنة، ومن المعروف أن درجة الحرارة تمر بتغيرات على مدار اليوم Diurnal وعلى مدار العام Seasonal، كما أنها تتغير باختلاف خط العرض Latitude والارتفاع عن سطح البحر Altitude، وباختلاف الانحدار في التضاريس Slope، وهذه التغيرات ترتبط إلي حد كبير بحركة الأرض حول الشمس يومياً ومن الشمال إلي الجنوب على مدار العام، ولذلك فإن المناطق معتدلة الحرارة شتاءاً قد تكون حارة صيفاً والمناطق المعتدلة صيفاً قد تكون باردة شتاءاً، كما أن اختلاف درجة الحرارة يعتمد على الوسط البيئي، فالبيئات المائية لا يحدث بها سوى تغيرات طفيفة في درجة الحرارة من الليل إلي النهار ومن الشمس إلي الظل، أما في البيئات الصحراوية القارية فإن تغيرات درجة الحرارة من الليل إلي النهار ومن الشمس إلي الظل تكون كبيرة.

النطاقات الحرارية العامة على سطح الأرض

تقسم الكرة الأرضية حسب درجات الحرارة إلي نطاقات حرارية عامة Temperature belts، تتفق إلي حد كبير مع المناطق البيئية الأحيائية Biomes الرئيسية علي الأرض، بل أن هذه المناطق الحرارية هي التي تحدد التوزيع الجغرافي للمناطق الأحيائية على اليابسة. ويعتبر تقسيم كوبن Koppen (**شكل ٣-٢**) الذي يستند إلي خطوط الحرارة المتساوية على الأرض التي وضعها ميللر Miller من أنسب نظم تصنيف الكرة الأرضية إلي نطاقات حرارية **ويتضمن هذا النظام تقسيم الأرض إلي النطاقات التالية:-**

١- النطاق المداري

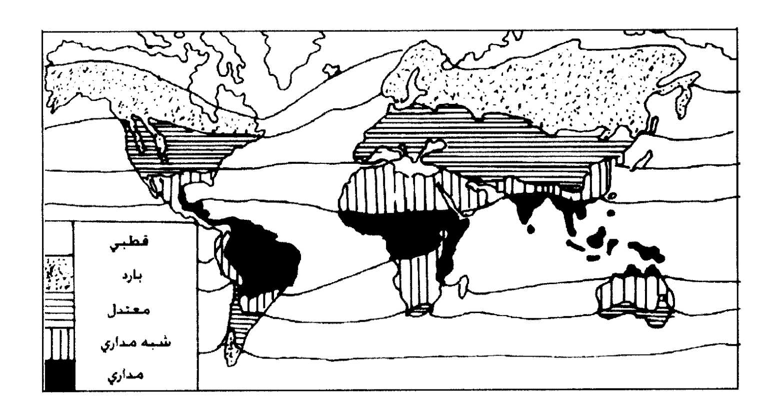
يشمل النطاق المداري Tropical belt المناطق الاستوائية والمدارية حول خط الاستواء Equator وتقع في وسط أفريقيا وجنوب آسيا وشمال أمريكا الجنوبية، وفيه لا يقل متوسط درجة الحرارة الشهري عن ٢٠°م في أي شهر من شهور السنة.

٢- النطاقات شبه المدارية

تشمل النطاقات شبه المدارية Subtropical belts المناطق الواقعة شمال النطاق المداري وجنوبه، إذ يمتد شمالاً ليشمل شمال إفريقيا ووسط آسيا وجنوب الولايات المتحدة والمكسيك، وجنوباً ليضم جنوب أفريقيا، ومن الجدير بالذكر أن الدول العربية في الجزيرة العربية والشمال الأفريقي تقع في هذه النطاقات، وتتميز النطاقات شبه المدارية بوجود فصل من السنة يتراوح طوله بين شهر وثمانية أشهر ويتراوح متوسط درجة الحرارة فيه بين ١٠ و٢٠°م، أما في بقية شهور السنة فيزيد متوسط درجة الحرارة على ٢٠°م.

٣- النطاقات المعتدلة

تقع النطاقات المعتدلة Temperate belts إلي الشمال من النطاقات شبه المدارية، وتوجد أغلبها في نصف الكرة الشمالي وبصفة خاصة الولايات المتحدة الأمريكية في أمريكا الشمالية وجنوب أوروبا ووسطها وشمال وسط آسيا وجنوب الصين، أما في جنوب الكرة الأرضية فتوجد مناطق قليلة ضمن هذه النطاقات مثل جنوب استراليا وأجزاء من الأرجنتين وشيلي في أمريكا الجنوبية، وتتميز هذه النطاقات بوجود فصل دافئ طويل يتراوح بين ٤ و٨ شهور يتراوح متوسط درجة الحرارة الشهري خلاله بين ١٠ و ٢٠°م، أما بقية شهور السنة فينخفض متوسط درجة الحرارة بها عن ١٠°م.



شكل ٣-٢: رسم تخطيطي للنطاقات الحرارية علي الكرة الأرضية.

٤- النطاقات الباردة

تغطي النطاقات الباردة Cold belts المناطق الشمالية في أوروبا وآسيا، وكندا في أمريكا الشمالية، وتتميز هذه النطاقات بوجود فصل دافئ قصير يتراوح طوله بين شهر وأربعة أشهر ويتراوح فيه المتوسط الشهري لدرجة الحرارة بين ١٠ و ٢٠°م، أما بقية شهور السنة فينخفض المتوسط الشهري لدرجة الحرارة عن ١٠°م.

٥- النطاقات القطبية

توجد النطاقات القطبية Polar belts عند قطبي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي وفيها لا يزيد المتوسط الشهري لدرجة الحرارة عن ١٠ درجات مئوية في أي شهر من شهور السنة.

المدى الحراري للنباتات

ترجع أهمية درجة الحرارة بالنسبة للكائنات الحية إلي أنها تتحكم في معدل العمليات الحيوية داخل خلايا الكائن الحي وبالتالي في نشاطه. وتسير معظم التفاعلات الحيوية داخل جسم الكائن الحي بدرجة أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة. وبصفة عامة توجد علاقة بين معدل التفاعلات الحيوية والزيادة في درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية يمكن التعبير عنها بالمعامل الحراري ويمكن حسابه من المعادلة التالية:-

$$Q_{10} = \frac{10}{T_1 - T_2} \times \frac{K_1}{K_2}$$

حيث T_1 و T_2 هي درجات الحرارة و K_1 و K_2 هي معدلات التفاعلات المصاحبة لهذه الدرجات.

وبارتفاع درجة الحرارة عن الحد الأمثل يتناقص معدل التفاعلات الحيوية، ولكن الكائنات الحية تختلف جوهرياً من حيث تأثرها بدرجة الحرارة السائدة في الوسط البيئي، فالنباتات كائنات متغيرة الحرارة Biokilotherms تميل درجة حرارتها إلي التماثل مع درجة حرارة الوسط البيئي، في حين تميل درجة حرارة جسم معظم الحيوانات إلي الثبات حتى لو تغيرت درجة حرارة الوسط، ولذلك فهي تسمى بالكائنات ثابتة الحرارة Homoetherms، وعلى الرغم من أن درجة حرارة النبات تتبع درجة حرارة بيئته فإن هناك درجة حرارة صغرى Minimum temperature لا يستطيع النبات النمو في درجة حرارة أقل منها ودرجة حرارة عظمى Maximam temperature لا يستطيع النبات النمو في درجة حرارة أعلي منها، أما درجة الحرارة التي ينتعش عندها النبات فتعرف بدرجة الحرارة المثلى Optimum temperature. ومن المعروف أن النمو الجيد للنباتات هو محصلة العمليات الحيوية التي تقوم بها، وبصفة خاصة التمثيل الضوئي، فهذه العمليات يزداد معدلها بزيادة درجة الحرارة حتى درجة الحرارة المثلى، ثم يبدأ المعدل في التناقص وتتوقف هذه العمليات تماماً عند درجة حرارة أقل من الدرجة الصغرى أو أعلى من الدرجة العظمي.

وتختلف درجة الحرارة التي يحدث عندها النمو الجيد للنباتات من مكان إلي آخر، ففي المناطق الباردة يبدأ النمو عند درجات قليلة فوق الصفر وحتى ١٥°م، أما في المناطق المعتدلة فإن درجة الحرارة المثلى للنمو تتراوح بين ١٥°م و٣٠°م في حين تتراوح درجة الحرارة العظمى للنمو بين ٣٠°م و٤٠°م، وفي المناطق الحارة تستطيع الجذور النمو في درجات حرارة أقل من المجموع الخضري، ولذلك فمن المعتاد أن المجموع الجذري يبدأ في النمو قبل المجموع الخضري، ولذلك فمن المعتاد أن المجموع الجذري يبدأ في النمو قبل المجموع الخضري. وبالطبع فإن الأنواع المختلفة من

النباتات تتباين في معدل نموها بالنسبة لدرجة الحرارة، كما أن النباتات المنتمية إلي نفس النوع قد تنمو ولكن بمعدلات مختلفة في أماكن تتباين بها درجة الحرارة، كما أن النباتات تحتاج إلي درجات حرارة مختلفة عند المراحل المختلفة من النمـــو، وفي معظم النباتات نجد أن النمو الخضري يتم في درجة حرارة أقل من تلك التي يحدث عندها ظهور الأزهار وحدوث التلقيح والإخصاب وإنتاج البذور.

ويوضح **جدول ٣-١** درجات الحـــرارة الـــصغرى والمثلـــى والعظمـــى لمجموعات نباتية مختلفة في أماكن مختلفة من العالم التي يحدث عندها إنبـــات هـــذه النباتات، وعلى الرغم من أن درجة حرارة النبات تتغير تبعاً لتغيرات درجة حرارة الوسط الذي يعيش فيه ، فإن أنسب درجة حرارة – لكي تتم العمليات الحيويـــة المختلفة بكفاية عالية – يجب ألا تزيد أو تقل عن درجة حرارة أنسجة النبات التي تتم بها هذه العمليات إلا بدرجات قليلة.

وتختلف درجة الحرارة المناسبة للعمليات الحيوية والكيميائية المختلفة التي تتم داخل جسم النبات، فلا توجد درجة حرارة واحدة تناسب كل العمليات، فالدرجة المناسبة لعملية التنفس أعلى كثيراً من تلك المناسبة للتمثيل الضوئي. ففـــي نبـــات البطاطس مثلاً تكون الدرجة المناسبة لعمليتي البناء الضوئي وتخزين الغذاء هي ٢٠°م ، في حين تكون سرعة التنفس عند هذه الدرجة ١٢% فقط من السرعة القصوى لهذه العملية. أما عند درجة ٣٨°م فإن سرعة التنفس تصل إلي أقصاها في حـــين تتوقف عملية البناء الضوئي تماما. وحيث إن عمليتي النمو والإزهار تعتمدان على ما يتم تكوينه من مواد غذائية خلال عملية البناء الضوئي وليس على درجة احتـــراق هذه المواد خلال علمية التنفس، فإن درجة الحرارة المناسبة للنباتات هي تلك الـــتي تصل فيها عمليتا البناء الضوئي وتخزين المواد الغذائية أقصي حد لهما.

جدول ٣-١: درجات الحرارة الصغرى والمثلى والعظمى لمجموعات نباتية مختلفة (عن لارشر Larcher، ١٩٨٠).

المجموعة النباتية	درجات الحرارة المئوية		
	الصغرى	المثلى	العظمى
حشائش المراعي	٣-٤	٢٥	٣٠
نباتات الحبوب بالمناطق المعتدلة	٢-٥	٢٠-٢٥	٣٠-٣٧
حشائش المناطق الاستوائية	١٠-٢٠	٣٢-٤٠	٤٥-٥٠
أعشاب المراعي من ذوات الفلقتين	٢-٥	٢٠-٣٠	٣٥-٤٠
النباتات المزروعة في المناطق المعتدلة من ذوات الفلقتين	١-٣	١٥-٢٥	٣٠-٤٠
النباتات المزروعة في المناطق الإستوائية	١٠-٢٠	٣٠-٤٠	٤٥-٥٠
النباتات الصحراوية الصيفية	١٠	٢٠-٣٠	٣٥-٤٠
النباتات الصحراوية الشتوية	صفر	١٠-٢٠	٣٠
أشجار المناطق المعتدلة	صفر-١٠	٢٠-٣٠	٣٥-٤٥
الطفيليات المُمْرضة للنبات	صفر-٥	١٥-٣٠	٣٠-٤٠
فطريات التربة	٥	٢٥	٣٥
الفطريات المحبة للحرارة	٢٥	٤٥-٥٥	٦٠

تأثير الإجهاد الحراري للنباتات

الإجهاد الحراري Temperature stress هو تعريض النباتات لدرجة حرارة غير مناسبة لنموه، وليس من الضروري أن يسبب هذا الإجهاد تهديداً لحياة النبات بقدر ما يسبب استجابة دفاعية وتأقلمية بواسطة النباتات دون أن تكون في حالة كمون، حيث أن أطوار الكمون التي تمر بها بعض النباتات تتحمل التقلبات الحرارية أكثر من المراحل الأخرى من حياتها. وبصفة عامة فإن درجات الحرارة المرتفعة ودرجات الحرارة المنخفضة تسبب تعثر العمليات الحيوية التي تقوم بها النباتات، كما أنها تحد من توزيع النباتات وانتشارها، ويعتمد تأثير هذه الحالات على شدة الحرارة ومدة تعرض النبات لها وعلى حالة النبات ومقدرته على مقاومة الارتفاع أو الانخفاض في درجة حرارة الوسط الذي يعيش فيه.

من الظواهر الشديدة التأثير بارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها الحركة الدورانية للسيتوبلازم Cytoplasmic streaming وتركيب البلاستيدات الخضراء Chloroplast structure وعملية البناء الضوئي Photosynthesis حيث يحدث لهذه الظواهر اضطرابات عند تعرض النباتات لدرجات حرارة مرتفعة أو منخفضة لفترات قصيرة. وبزيادة فترة التعرض للإجهاد الحراري يحدث انهيار لأغشية الخلايا وتفقد قدرتها على النفاذية الاختيارية ويتبع ذلك تحلل المواد البروتينية داخل الخلايا، وفي النهاية تموت الخلايا وبالطبع يموت النبات أيضاً. كما تتأثر العديد من البروتينات في خلايا النبات عند تعريض النبات لدرجات حرارة منخفضة أو مرتفعة.

مقاومة النبات للإجهاد الحراري

مقاومة النبات للإجهاد الحراري هي المحصلة النهائية لمقـدرة بروتـوبلازم الخلايا النباتية على التعايش عند درجات حرارة غير مواتية لنموه ومدى فعاليته في تأخير حدوث انهيار العمليات الحيوية أو منعه. وبصفة عامة توجد طريقتان تتبعهما النباتات لمقاومة الإجهاد الحراري. الطريقة الأولى تـسمى التجنـب Avoidance والثانية تسمى التحمل Tolerance سواء لمقاومـة ارتفـاع درجـة الحـرارة أو انخفاضها. ومن المهم أن نذكر في هذا المقام أن مقدرة البروتوبلازم على تحمـل الإجهاد الحراري هي صفة وراثية خاصة لطرز بيئية معينة من النباتات، كمـا أن درجة تأثر النباتات بالإجهاد الحراري تختلف باختلاف المراحل التي يمر بها خلال دورة حياته، وبصفة عامة فإن مرحلة النمو السريع، كما في البادرات، تكون أكثر المراحل حساسية للإجهاد الحراري بينما تكون البذور الكامنـة أقـل المراحـل حساسية للإجهاد الحراري.

ومن الأساليب التي تستخدمها النباتات لمقاومة الإجهاد الحراري والتأقلم على المعيشة في درجات حرارة مرتفعة أو منخفضة ما يلي:-

١- تأخير حدوث التجمد Freezing لأنسجة النبات عند درجات الحرارة دون الصفر المئوي، وذلك بتغيير الضغط الأسموزي Osmotic pressure لخلاياها، وتؤدي بعض المواد الذائبة في البروتوبلازم دوراً هاماً في ذلك؛ إذ إن وجودها يسبب انخفاض نقطة التجمد Freezing point depression للأنسجة النباتية **لذلك يمكن ملاحظة الظواهر التالية:-**

أ- عند درجة حرارة الصفر المئوي تظل أوراق وسيقان نباتـات المنـاطق الباردة في حالة لينة غير متجمدة.

ب- تقاوم الأشجار دائمة الخضرة Evergreen plants الصقيع في الشتاء.

جـ- أزهار بعض النباتات تظل متفتحة خلال فترات الصقيع.

د- تبقى الأزهار والنورات في حالة جيدة خلال الليالي الباردة عند درجة حرارة قد تصل إلي -١٥ °م.

٢- تتخذ أوراق بعض النباتات أوضاعاً معينة لتعكس الأشعة الشمسية لتخفيض درجة الحرارة، كما أن معدل النتح يزداد؛ حيث أن خروج الماء من الأوراق على هيئة بخار خلال عملية النتح يساعد على تلطيف درجة حرارة الأنسجة.

٣- يقل المحتوي المائي لأنسجة النبات فيما يسمي نزع الماء من الأنسجة Dehydration لمقاومة التجمد ودرجات الحرارة المرتفعة.

٤- تكوين تحورات أرضية كالكورمات والأبصال والدرنات والريزومات.

٥- يقل معدل العمليات الحيوية في أنسجة النباتات خلال فترة الشتاء عقب سقوط الأوراق في الخريف، حتى تبقي حية وتتجاوز برد الشتاء.

٦- كمون كثير من النباتات خلال فترة درجة الحرارة المرتفعة أو المنخفضة.

تأثير درجة الحرارة على الكساء الخضري

عندما ترتفع درجة الحرارة صيفاً عن الحد الذي لا يسمح بنمو النباتات فإن النباتات الحولية تنهي دورة حياها الخضرية وتعطي بذوراً تحتوي على أجنة كامنة داخل البذرة والثمرة، وتستطيع هذه الأجنة أن تبقى في سلام حتى يحين الفصل المناسب لإنباها. أما النباتات المعمرة والتي تتساقط أجزاؤها الخضرية أو تموت فغالباً ما تتغلب على الارتفاع في درجة الحرارة عن طريق تحورات أرضية للسيقان تبقى في حالة سكون بعد موت الأجزاء الخضرية حتى يجدد النبات نشاطه عند حلول

الموسم المناسب والذي يرتبط باعتدال درجة الحرارة وزيادة رطوبة التربة، وعلى ذلك فإن درجة الحرارة تؤثر في تحديد الأنواع النباتية (الفلورا Flora) التي تستوطن منطقة من المناطق ويكون تأثير درجة الحرارة أكثر في تحديد أنواع التكوينات النباتية التي يتكون منها الكساء الخضري. فمثلاً توجد تكوينات الحشائش أو الغابات أو الصحاري في أكثر من منطقة حرارية في العالم، ولكن الأنواع النباتية التي تدخل في تركيب التكوينات النباتية في هذه المناطق تختلف من منطقة إلي أخرى.

وتجدر الإشارة أيضاً إلي أن درجة الحرارة من أهم العوامل في توزيع نباتات المحاصيل في العالم، فالقطن على سبيل المثال ينمو في المناطق مرتفعة الحرارة، ومن المعروف أن للقطن حد شمالي لا ينمو عنده على نطاق تجاري، وينطبق ذلك أيضاً على القمح والمحاصيل الأخرى حيث يوجد لكل محصول حداً أدنى وحداً أعلي من الحرارة، الأمر الذي يجعل توزيعه مقصوراً على المناطق التي لا تنخفض درجة حرارتها خلال موسم نمو المحصول دون هذا الحد.

التواقت الحراري

التواقت الحراري Thermoperiodism هو عملية تواؤم النباتات مع التغيرات اليومية في درجة الحرارة بما يناسب العمليات الحيوية المختلفة بالنباتات، والواقع أن نباتات كثيرة قد قامت بمواءمة عملياتها الحيوية مع التغيرات اليومية في درجة الحرارة بحيث لم تعد تستطيع أن تقوم بعملياتها الحيوية اليومية على الوجه الأكمل لو تعرضت لدرجة حرارة ثابتة طوال اليوم. مثال ذلك أن إنبات البذور يتم بمعدل أسرع لو أن البذور تعرضت أثناء إنباتها لتغيرات ملحوظة في درجة الحرارة، كما أن نمو البادرات يكون أسرع عند اختلاف درجة الحرارة أثناء الليل عنها أثناء

النهار، على سبيل المثال وجد أن نمو الطماطم وتكوين الثمار يكون أفضل ما يمكن عند درجة حرارة = ٢٦,٥°م أثناء النهار ونحو ١٨°م أثناء الليل.

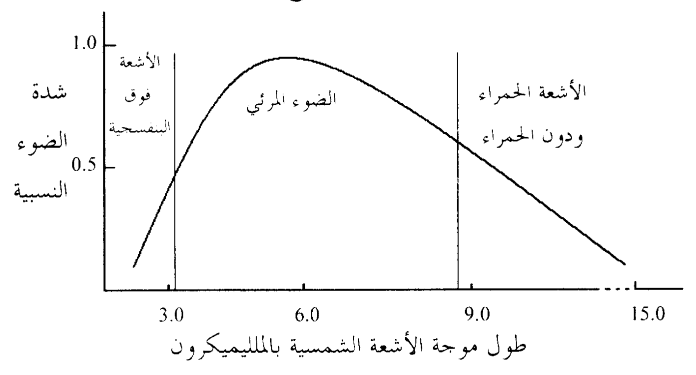
الارتباع

تحتاج بعض النباتات إلي التعرض لدرجة حرارة منخفضة أثناء الإنبات أو قبله أو بعده بوقت قصير حتى تتمكن من إكمال دورة حياتها بسرعة، وتعرف هذه الظاهرة بالارتباع Vernalization. ومن المعتقد أن حياة النبات الحولي تشتمل على سلسلة من المراحل تتم في تتابع محكم فلا يبدأ ظهور طور في حياة النبات قبل أن يستكمل الطور السابق له تماماً، ويبدو أن التعرض لدرجة حرارة منخفضة ضروري لإتمام مرحلة معينة من مراحل النمو، الأمر الذي يؤدي إلي الانتقال المبكر من هذه المرحلة إلي المرحلة التي تليها ويؤدي ذلك إلي الوصول إلي مرحلة التكاثر مبكراً. ومن المعتقد أن الارتباع مرده إلي عمل هرموني يتم في الجنين ويعتمد على درجة حرارة منخفضة وقت الإنبات. وللارتباع أهمية اقتصادية، فهو يؤدي إلي تقصير فترة نمو بعض النباتات الهامة بصفة خاصة القمح في المناطق الباردة حيث يؤدي إلي نضج الحبوب قبل حلول موسم الشتاء.

ثالثاً: الضوء

الضوء Light هو صورة من صور الطاقة الحركية مصدرها الرئيسي هو الشمس. ويوضح التحليل الطيفي لأشعة الشمس عند سطح الأرض - أنها تتكون من ثلاثة مكونات حسب طول موجة الأشعة، وأهم هذه المكونات للحياة هي الضوء المرئي Visible light والذي يتميز بطول موجة يتراوح بين ٣٨٠-٧٨٠ ملليميكرون، وهو الجزء الذي يبدأ من الأشعة البنفسجية ذات الموجات القصيرة إلي

الأشعة الحمراء ذات الموجات الطويلة. والموجات الأقصر من البنفسجية هي الأشعة فوت البنفسجية Ultraviolet وهي موجات مرئية للحشرات ولكنها ليست مرئية للبشر، والموجات الأطول من الحمراء هي الأشعة دون الحمراء Infrared. والطاقة الشمسية التي تصل إلي الأرض تكون عندأقصى شدة لها في المنطقة الوسطى من الضوء المرئي. ويوضح **شكل ٣-٣** التحليل الطيفي للأشعة الشمسية عند سطح الأرض، وبسبب وجود طبقة الأوزون Ozone layer في الغلاف الجوي فإن القليل فقط من الأشعة فوت البنفسجية يصل إلي سطح الأرض.



شكل ٣-٣: رسم تخطيطي للتحليل الطيفي لأشعة الشمس عند سطح الأرض.

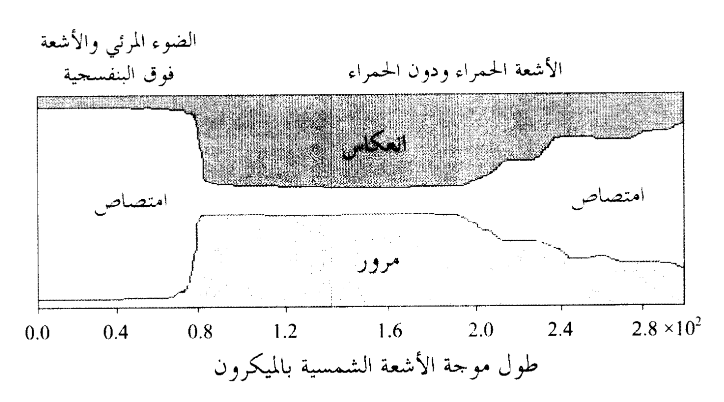
تختلف شدة الإشعاع الشمسي من مكان إلي آخر على سطح الأرض، وتبلغ أقصاها عند خط الاستواء حيث يزيد متوسط إشعاع الشمس الذي يصل إلي الأرض عند خط الإستواء إلي أكثر من ٢٠٠ كيلو سعر لكل سم^{٢} في السنة، ويقل متوسط الإشعاع الشمسي الذي يصل إلي الأرض كلما اتجهنا شمالاً أو جنوباً من خط الاستواء حيث يتراوح بين ١٠٠-٢٠٠ كيلو سعر لكل سم^{٢} في المناطق

معتدلة المناخ، أما في المناطق الباردة والقطبية فإن متوسط الإشعاع الشمسي الذي يصل إلي الأرض لا يتعدى ١٠٠ كيلوسعر لكل سم٢ في السنة، وتتأثر شدة الضوء بعوامل أخرى كوجود السحب والضباب، كما أن للكساء الخضري دوراً كبيراً في توزيع الضوء على النباتات النامية في مكان واحد، فالأشجار تستقبل كمية من الضوء أكبر مما تستقبله الشجيرات، والشجيرات تستقبل كمية أكبر مما تستقبله الأعشاب والحشائش؛ حيث أن الأشجار تحجب كمية كبيرة من الضوء عن الشجيرات والأعشاب وبصفة خاصة في مناطق الغابات، ففي مناطق الغابات تقل كمية الضوء التي تصل إلي الطبقة العشبية إلي أقل من ١٠% من الإشعاع الشمسي الذي يسقط على الأشجار.

التأثيرات البيولوجية للضوء

للضوء عدة تأثيرات على النباتات، لعل أهمها أنه يلعب الدور الرئيسي في عملية البناء الضوئي، حيث يقوم النبات بتحويل الطاقة الضوئية إلي طاقة كيميائية مختزنة في الروابط الكيميائية بالمركبات العضوية، وبالطبع فإن للضوء دورًا هامًّا في بعض العمليات الأخري. وتستطيع النباتات - فضلاً عن التمييز بين الضوء المرئي والأشعة فوت البنفسجية ودون الحمراء - أن تميز موجات الضوء المرئي، وعند سقوط الأشعة الضوئية على أوراق النباتات فإنها تمتص بواسطة هذه الأوراق أو تنعكس مرة أخرى إلي الجو أو تمر خلال الأوراق دون أن يكون لها أثر بيولوجي. ويوضح **شكل ٣-٤** كمية الضوء التي تمتص أو تنعكس أو تمر خلال الأوراق من الضوء المرئي أو الأشعة فوق البنفسجية أو دون الحمراء.

يمثل الضوء المرئي الذي يتراوح طول موجاته بين ٣٨٠ و٧٨٠ ملليميكرون ٢١-٤٠% من أشعة الشمس الساقطة على النباتات وتمتص الأوراق ٩٠-٩٥% من هذا الضوء، ولذلك فإنه يمثل الطاقة الرئيسية التي تستغلها النباتات لتصنيع المركبات الغنية بالطاقة من خلال عملية البناء الضوئي وإنتاج اليخضور (الكلوروفيل) بالبلاستيدات الخضراء، ومن المعروف أن التحليل الطيفي للضوء المرئي يوضح أنه يتكون من سبعة ألوان ذات موجات مختلفة الطول، وبالنسبة لعملية البناء الضوئي فإن اللون الأزرق واللون الأحمر هما اللونان اللذان يمتصهما اليخضور في أوراق النبات الخضراء لإتمام عملية البناء الضوئي وهي التي تستحث البلاستيدات على تكوين اليخضور بصفة خاصة في النباتات الزهرية.



شكل ٣-٤: رسم تخطيطي يوضح كمية الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء التي تمتصها أوراق النبات أو تعكسها أو تمر خلال أنسجة النبات.

وتمثل الأشعة فوت البنفسجية والتي يتراوح طول موجاتها بين ٢٦٠ و٣٨٠ ملليميكرون قدراً ضئيلاً من الأشعة الشمسية الساقطة على النباتات، وعلى الرغم

من أن النبات يمتص نحو ٩٥% من الأشعة فوت البنفسجية، فهي لا تنفذ إلي الخلايا الداخلية لأنسجة النبات التي تتم بها العمليات الحيوية، إذ تحتجزها الطبقة الشمعية وطبقة الكيوتين التي تغطي البشرة، أما الأشعة دون الحمراء القريبة من منطقة الضوء المرئي، والتي تتراوح طول موجاتها بين ٧٨٠ و٣٠٠٠ ملليميكرون، فإن أكثر من نصفها يمر خلال الأوراق دون أن تكون له أية آثار بيولوجية وأكثر من ٤٠% منها ينعكس مرة أخرى والقليل من هذه الأشعة تمتصه الأوراق، وتزداد نسبة امتصاص الأوراق للأشعة ذات الموجات الطويلة التي يبلغ طول موجتها ٣٠٠٠ ملليميكرون وهي تمد جسم النبات بالحرارة.

وتجدر الإشارة أن معدل عملية البناء الضوئي يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط على **الأوراق ومن الدلائل على ذلك:-**

١- أن النباتات المعرضة لضوء الشمس تستطيع تكوين كمية أكبر من اليخضور (الكلوروفيل) إذا قورنت بنباتات تنمو في أماكن ظليلة.

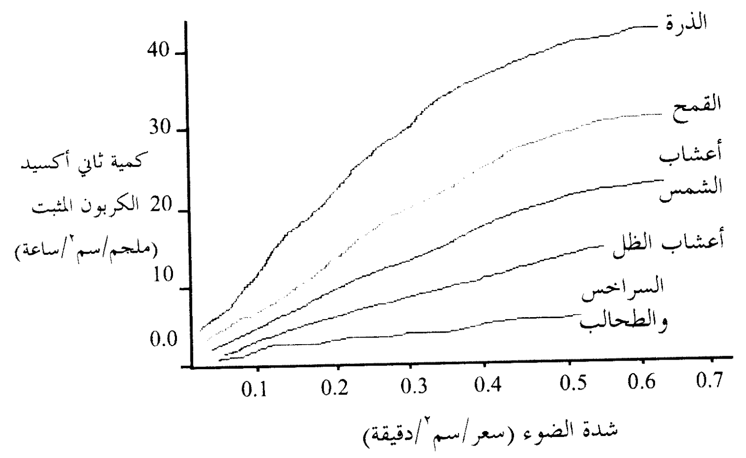
٢- أن النباتات المعرضة للضوء يزداد سمك الطبقة العمادية وهي الخلايات التي تتكون بها البلاستيدات الخضراء.

٣- أن النباتات المعرضة للشمس يمكنها تثبيت ٢٠,٦ ملجم ثاني أكسيد كربون في كل ساعة بكل ١٠٠ سم^{٢} من الأوراق، أما في الأيام ذات السحب الكثيفة فإن كمية ثاني أكسيد الكربون المثبتة تنقص إلي ٥,٢ ملجم/ ساعة لكل ١٠٠سم^{٢} من الأوراق.

٤- أن معدل عملية البناءالضوئي يكون منخفضاً في الصباح الباكر حيث تكون الإضاءة ضعيفة، ويزداد بإطراد كلما زادت شدة الإضاءة حتى يصل إلي ما يعرف بنقطة التشبع الضوئي Point of light saturation حيث لا يقوم

النبات بتثبيت مزيد من ثاني أكسيد الكربون وبالتالي لا يكون لشدة الضوء أي تأثير بعد هذه النقطة على معدل البناء الضوئي.

وتختلف نقطة التشبع الضوئي باختلاف الأنواع النباتية فهي أقل في النباتات التي تنمو في الظل وأعلى في النباتات التي تنمو في الشمس، فالنباتات التي تنمـــو في الظل لا تستطيع زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون التي تستطيع تثبيتها مهمـــا زادت شدة الإضاءة، بينما تستطيع النباتات التي تنمو في الأماكن المعرضة للشمس تثبيـــت كمية أكبر من ثاني أكسيد كربون عند تعرضها لإضاءة مساوية في شدتها لما تتعرض له نباتات الظل، ومن أمثلة النباتات ذات نقطة التشبع المنخفضة أعشاب المنـــاطق الظليلة والسراخس والطحالب وتزداد نقطة التشبع في الأعشاب التي تنمو في أماكن مشمسة. ويوضح **شكل ٣-٥** نقطة التشبع الضوئي لبعض النباتات.



شكل ٣-٥: رسم تخطيطي يوضح نقطة التشبع الضوئي لبعض الأنواع والمجموعات النباتية (عن لارشر، ١٩٨٠)

نقطة التعويض الضوئي

تقوم النباتات باختزان الغذاء في أنسجتها من خلال عملية البناء الضوئي، ومن اللافت للنظر أن أوراق النباتات لا تستعمل في البناء الضوئي إلا نحو ١% من كمية الضوء الساقط عليها، وفي حالة عدم قيام النباتات بعملية البناء الضوئي نتيجة لغياب الضوء فإن وزنها يبدأ في التناقص؛ إذ إن عملية التنفس وهي عملية لا تتوقف أبداً تستترف المواد الغذائية المختزنة في أنسجة النبات، ولكي يحافظ النبات على بقائه لابد أن يقوم ببناء قدر من المواد الغذائية تسمح له على الأقل بألا يتناقص وزنه، والدرجة التي تكون عندها شدة الضوء كافية فقط لأن تعيد القدر من ثاني أكسيد الكربون المتصاعد في عملية التنفس إلي النبات خلال عملية البناء الضوئي تسمى بدرجة التعويض، أو نقطة التعويض Compensation point، وتختلف كمية الضوء اللازمة لتحقيق ذلك من ٢٧ إلي ٤٢٠٠ شمعة، وعندما يكون الجو ملبداً بالغيوم تكون كمية الضوء التي تصل إلي النباتات أقل من أن تحقق هذا التوازن بين البناء الضوئي والتنفس وبالتالي لابد أن يتناقص وزن النباتات، وإذا استمر عدم التوازن هذا فإنه يتسبب في حدوث خلل عام في نمو النبات يترتب عليه خلل في النظام البيئي وتدهور إنتاجيته.

من هذا يتضح أن النباتات لكي تنمو طبيعياً لابد أن يزيد لديها معدل البناء الضوئي عن التنفس، ولكي يحدث هذا لابد أن تزيد كمية الضوء الواصلة إلي النباتات عما يسمى بنقطة التعويض، وفي حالة نبات الصنوبر – مثلاً – فإن كمية الضوء عند درجة التعويض هي ٨٣٠ شمعة ولكي ينمو النبات بصورة طبيعية لابد وأن تصل كمية الضوء إلي ضعف هذه الكمية تقريباً.

الضوء والكلوروفيل

لا تُنتج النباتات صبغات اليخضور في البلاستيدات إلا في وجود الضوء، ويختفي اليخضور من الأوراق إذا طال وضع النباتات في الظلام. ومما هو جدير بالذكر في هذا المجال أن النباتات المحبة للظل غالباً ما تضار تحت ضوء الشمس الساطع، إذ إنها لا تستطيع بناء صبغات اليخضور بمعدل يعادل تحللها، وتتمثل هذه الحالة بوضوح في نبات الرصن حيث نجد أن اللون الأخضر للأوراق يصير شاحباً أثناء الظهيرة حيث تتحلل مادة اليخضور بمعدل أكبر من معدل تكوينها، ولذلك فقد يعزى – ولو جزئياً – فشل نباتات الظل في أن تنمو في المناطق المشمسة لعدم التوازن بين إنتاج اليخضور وتحلله، وتكون النتيجة إصابة النباتات بما يسمي الشحوب أو الإصفرار اليخضوري Etiolation وبالتالي عجزه عن القيام بعملية البناء الضوئي بالمعدل المطلوب ومن ثم يختل التوازن بين التنفس والبناء الضوئي فيتوقف نمو النبات أولاً ثم يبدأ وزنه في التناقص ثانياً وفي النهاية يفنى تماماً.

ففي حالة نبات القمح علي سبيل المثال وجد أن النباتات التي تنمو تحت ضوء شديد يصبح لونها شاحباً ويعزي هذا إلي أن العصارة الخلوية تحت هذه الظروف تصبح حمضية التفاعل، وينتج عن هذا تغيير في الرقم الهيدروجيني pH، الأمر الذي يؤدي إلي تعثر عملية نقل أيونات الماغنسيوم، وبالتالي يتأثر تكوين اليخضور داخل الأنسجة فيصاب النبات بما يسمي الشحوب اليخضوري.

الضوء وآلية تنظيم فتح وغلق التغور

من المعلوم أن وجود الضوء من العوامل الهامة لفتح الثغور في معظم النباتات، إلا أن هناك أنواعاً نباتية يمكنها فتح ثغورها أثناء الليل متأثرة بعوامل أخرى غير الضوء، وتأثر آلية فتح وغلق الثغور بالضوء يعتمد على مدى امتلاء الخلايا الحارسة Guard cells، الأمر الذي يتوقف على عملية البناء الضوئي وهي العملية التي لابد أن تتم في وجود الضوء، وتعتمد عملية فتح الثغور وإغلاقها على الامتلاء في الخليتين الحارستين في الثغر، وتعرف حركة الثغور بصفة عامة بأنها الاستجابة المباشرة للزيادة أو النقص في الجهد الأسموزي للخلايا الحارسة.

ومن المعلوم أيضا أن التغير في الجهود المائية Water potential الناتج من التغيرات الأسموزية يسبب تحرك الماء إلي الخلايا الحارسة أو منها، وهناك أنواع مختلفة من الخلايا الحارسة، ولكن أكثرها شيوعاً في النباتات هو النوع الذي يكون فيه جزء الجدار الخلوي من ناحية فتحة الثغر أكثر سمكاً من باقي الجدار، فعندما تمتلئ الخلية الحارسة بالماء فإن الجدار الرقيق يتمدد ويُحدث ضغطاً على الجزء الأكثر سمكاً، الأمر الذي يجعل الأخير ينحني نحو الداخل وبهذا ينفتح الثغر، ويحدث العكس حينما ينتقل الماء من الخلية الحارسة؛ إذ ترتخي الجدر فتعود الجدر المحيطة بالفتحة الثغرية إلي مكانها الطبيعي، من ذلك نري أن إمتلاء الخلايا الحارسة يتحكم في عملية فتح الثغور وإغلاقها والذي بدوره يؤثر على الضغط الأسموزي لعصارتها.

ومن أهم العوامل التي تؤثر في ضغط الإمتلاء صور المواد الكربوهيدراتية بالخلايا الحارسة، ففي أثناء فترة الظلام يتكثف السكر في الخلايا إلي نشا وبالتالي تقل قوة امتصاص الخلايا الحارسة للماء، الأمر الذي يؤدي إلي تحرك الماء منها إلي

الخلايا المساعدة، وبالتالي ترتخي الخلايا الحارسة وبذلك تضيق فتحة الثغر أي يتم قفل الثغور، أما عند وجود الضوء فيتحول النشا الذي تجمع أثناء الليل إلي سكر مرة أخرى، الأمر الذي يزيد من قوة امتصاص الخلايا الحارسة فيتجه الماء من الخلايا المساعدة إلي الخلايا الحارسة وبذلك يزداد امتلاؤها الذي يعمل على ابتعاد الجدر المحيطة بالثغر فينفتح.

الضوء وصبغ الأنثوسيانين

الأنثوسيانين Anthocyanine هو أحد الصبغات الطبيعية في الكثير من النباتات، وقد لوحظ وجود علاقة موجبة بين شدة الضوء وتكوين هذه المادة، ومن المعروف أن هذه الصبغة تكون مركزة في طبقات القشرة الخارجية وأنها تعكس الضوء فلا تسمح له بالدخول إلي الأنسجة الداخلية للنبات، وهذه الأصباغ تعكس على الأخص الأشعة الحمراء ذات التأثير الحراري المرتفع ومن ثم فانعكاسه له تأثير كبير في الإقلال من درجة حرارة الأنسجة الداخلية، وقد وجد أن درجة حرارة الأنسجة التي توجد في أنسجة البقع الحمراء تقل بمقدار ٢٢°م إذا ما قورنت بدرجة حرارة الأنسجة المجاورة التي توجد في أنسجة البقع الخضراء.

التواقت الضوئي

التواقت الضوئي Photoperiodism هو توقيت الكائنات الحية لأنشطتها الحيوية لتتواءم مع التغيرات في كمية الضوء، وفيما يتعلق بالنبات يمكن تعريف التواقت الضوئي بأنه تواقت مظاهر النمو الخضري والإزهار مع طول فترة النهار، فكثير من النباتات تتميز بتكرار حدوث أنشطتها في تواتر يومي Daily rhythm للتواقت مع تبادل الليل والنهار، كما أن كثيراً من الأنشطة تتكرر مع المواسم المختلفة

من العام فيما يسمي بالتواتر الموسمي Seasonal rhythm، ومن المعروف أن طول الليل والنهار يختلف باختلاف خطوط العرض علي الأرض، فالمناطق الإستوائية تتعرض لضوء شديد طول العام ولمدة ١٢ ساعة يومياً تقريباً، في حين تتعرض المناطق المعتدلة والباردة إلي نهار طويل لمدة نصف العام (الصيف) وليل طويل خلال نصف العام الآخر (الشتاء). ويعمل التواقت الضوئي كساعة ميقات لتحديد النشاط عند الموسم المناسب، فعمليات تكوين الأزهار والثمار علي سبيل المثال لا تتم إلا في أوقات معينة من العام حين تتوافر الإضاءة المناسبة، ولذلك فالنباتات تنقسم إلي نباتات النهار الطويل Long day plants ونباتات النهار القصير Short day plants، إلا أن هناك مجموعة تسمى النباتات المتعادلة لا يرتبط إزهارها وإثمارها بطول النهار.

الضوء وتحمل الظل

تحمل الظل Shade tolerance هو قدرة النبات على البقاء على قيد الحياة والنمو في الظل، وتختلف مقدرة النباتات على تحمل الظل، فمنها ما لا يتحمل الظل إطلاقاً ومنها شديد التحمل للظل، وتسمى النباتات التي لا تتحمل الظل بالنباتات المحبة للضوء Heliophytes في حين تسمى النباتات التي لا تتحمل الشمس بالنباتات المحبة للظل Sciophytes، وبالطبع فإن مقدرة نباتات الظل على تثبيت ثاني أكسيد الكربون أقل كثيراً من مقدرة النباتات التي لا تتحمل الظل. وعند تعرض نبات عادي للظل تحدث به بعض التحورات لعل أهمها زيادة مساحة الأوراق وزيادة طول السلاميات وطول نصل الورقة وزيادة المحتوى المائي للأوراق، واتجاه السوق والأوراق نحو الشمس أو مصدر الضوء، وتعرف هذه الظاهرة بالانتحاء الضوئي Phototropism وهي ظاهرة يمكن ملاحظتها كثيراً، وترجع إلي تأثير الضوء علي الهرمونات النباتية. وتجدر الإشارة إلي أن النباتات المحبة للظل لا تستطيع النمو في

الأماكن المكشوفة، حيث إن تعرضها للضوء الشديد يؤدي إلي تكسير اليخضور فتموت النباتات لفشلها في القيام بعملياتها الحيوية.

أثر الضوء على شكل وتركيب النبات

تؤدي زيادة شدة الضوء إلي بعض التغيرات في الشكل الظاهري والتركيب التشريحي للنبات **لعل أهمها ما يلي**:-

أ – تكوين غطاء سميك على البشرة سواء من مادة الكيوتين Cuticle أو الشمع Wax أو تكوين شعيرات كثيفة علي الأوراق.

ب- كثرة الأفرع وصغر حجم الأوراق وحجم الخلايا المكونة لها.

ج- نمو النسيج العمادي في الأوراق بدرجة كبيرة وربما على جانبي الورقة ويكون ذلك مصحوباً بنقص في النسيج الأسفنجي.

د – نقص نسبة المساحة الكلية للأوراق إلي الأنسجة الدعامية والتوصيلية.

هـ- زيادة عدد العقد البكتيرية وحجمها عن نظيره من النباتات المحبة للظل.

رابعاً: الرطوبة

في مجال الدراسات البيئية يمكن التعبير عن الرطوبة كرطوبة مطلقة Absolute humidity أي كتلة الماء في حجم معين من الهواء، ويعبر عنها بكمية بخار الماء بالجرام الموجود في متر مكعب من الهواء، ولكن الشائع في معظم الحالات أن يعبر عن رطوبة الجو بما يعرف بالرطوبة النسبية Relative humidity وهي النسبة بين كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة وكمية بخار الماء اللازمة لتشبع نفس الحجم عند نفس درجة الحرارة، والرطوبة النسبية في الهواء تتأثر بعدة عوامل كدرجة الحرارة والإرتفاع عن سطح البحر

والرياح، فكلما ارتفعت درجة الحرارة ازدادت كمية بخار الماء التي يمكن أن يحتفظ بها الهواء، على سبيل المثال فإن قدمًا مكعبًا (٠,٠٢٨م³) من الهواء يمكنه الاحتفاظ بأربعة جرامات من بخار الماء عند درجة حرارة ٤°م أما عند ٣٨°م فإن كمية بخار الماء التي يمكن أن يحتفظ بها القدم المكعب هي ٢٠ جرامًا (٢٨ لتر) وتسمى مقدرة الهواء على حمل بخار الماء بالقوة التبخيرية Evaporative power للهواء، ففي الصحاري، حيث درجة الحرارة مرتفعة، تنخفض الرطوبة النسبية أما في المناطق الباردة والمسطحات المائية فيؤدي انخفاض درجة الحرارة إلي نقص مقدرة الهواء على حمل بخار الماء فتزداد الرطوبة النسبية حيث يكون الهواء قريباً من درجة التشبع.

الرطوبة والنقص في درجة التشبع

يمكن التعبير عن كمية الرطوبة في الجو بما يسمي بالنقص في درجة التشبع Saturation deficit وهو اصطلاح يعبر عن درجة الرطوبة النسبية بما يقابلها من ضغط في بخار الماء في الجو، والنقص في درجة التشبع يساوي الفرق بين ضغط بخار الماء السائد وبين ضغط بخار الماء عند درجة التشبع تحت نفس الظروف الجوية، فمثلاً عند درجة ١٥°م يكون ضغط بخار الماء عند التشبع (أي عندما تكون الرطوبة النسبية ١٠٠%) مساويًا ١٢,٧٣مم زئبق، فإذا ما نقصت الرطوبة النسبية عند هذه الدرجة إلي ٧٥% فإنها تعادل بخار ماء ذو ضغط = ٧٥% × ١٢,٧٣ = ٩,٥٠مم زئبق، وعند هذه الدرجة من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة يكون هناك نقص في درجة التشبع يساوي ١٢,٧٣ − ٩,٥٥ = ٣,١٨مم زئبق.

وعلي عكس الرطوبة النسبية فإن قيمة نقص التشبع تزداد بارتفاع درجة الحرارة، فعند درجة رطوبة ٧٥% مثلاً يزداد نقص التشبع بارتفاع درجة الحرارة، ومن الناحية البيئية فإن قياس نقص التشبع يحمل مغزى أكبر مما تحمله الرطوبة

النسبية؛ إذ أن هناك علاقة مباشرة وموجبة بين نقص التشبع وقوة التبخير الجوية التي تعمل على سحب الماء من أنسجة النبات، وإذا ما قورن نقص التشبع في مختلف المناطق على سطح الكرة الأرضية، فإننا نجد أن المناطق القطبية والجبلية تتميز بأقل درجات النقص في درجة التشبع في حين تتميز الصحاري بأقصى هذه الدرجات، وقد دلت الدراسات البيئية على أن طبيعة توزيع المجتمعات النباتية الطبيعية تتوقف إلي حد كبير على مقدار نقص تشبع الهواء ببخار الماء وذلك عند ثبات العوامل المناخية الأخرى.

وبالإضافة إلي عامل الحرارة فإن الرطوبة الجوية تتأثر بعدة عوامل بيئية أخرى مثل سرعة الرياح وطبيعة الكساء الخضري والمحتوى المائي للتربة، فالرياح الجافة تنقص الرطوبة لكونها تطرد الهواء الرطب المحيط بالنباتات وتحيطه بالهواء الجاف، وفي ذلك تنشيط للنتح. ولما كانت شدة الرياح تزداد بالارتفاع عن مستوى سطح البحر، فإن الأشجار العالية تعاني كثيراً من الجفاف في حين لا تتعرض النباتات المنخفضة والزاحفة لمثل هذا الجفاف، ويزداد النتح كثيراً وبالتالي يقل معدل النمو على جوانب الجبال المواجهة للرياح الشديدة ومن ثم فلا نجد غابات نامية على تلك الجوانب ويقتصر وجودها على السفوح البعيدة عن فعل الرياح الجافة، أما الرياح الرطبة فإن لها تأثيراً معاكسًا، وإذا ما هبت على منطقة بصفة مستمرة فإنها تخلق جواً يسمح بنمو النباتات الوسطية.

وتؤثر درجة التعرض لأشعة الشمس على الرطوبة الجوية للبيئة؛ فالسفوح التي تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت ممكن – وهي عادة سفوح جنوبية في نصف الكرة الأرضية الشمالي – تأخذ نصيباً وافراً من الحرارة، ولذلك تكون رطوبتها الجوية أقل من رطوبة السفوح الشمالية، وغالباً ما تتعرض هذه السفوح الجنوبية

لرياح جافة، وبهذا يعمل التعرض لأشعة الشمس والرياح الجافة على انخفاض الرطوبة في بيئة السفوح الجنوبية، الأمر الذي يجعلها أقل ملاءمة لنمو النباتات الوسطية والتي قد توجد بوفرة على السفوح الشمالية.

تأثير الرطوبة علي النبات

تعتبر الرطوبة الجوية من أهم العوامل البيئية المناخية التي تؤثر علي النباتات بسبب تأثيرها المباشر على الفقد المائي. وعلى النبات أن يحافظ على ميزان مائي مناسب، أي على كمية من المآء تكفي حاجته وما يفقده، ويستخدم النبات أقل من ١% من الماء الذي تمتصه الجذور في عملية البناء الضوئي أما ٩٩% من الماء فيفقده النبات عن طريق عملية النتح Transpiration حيث يُفقد الماء على هيئة بخار من خلال فتحات الثغور Stomata الموجودة على سطح الورقة، وتتفتح هذه الثغور في معظم النباتات أثناء النهار وتنغلق أثناء الليل، وتؤدي الثغور دوراً هاماً في تنظيم العلاقات المائية Water relationships فهي تنغلق أيضاً عندما يقل المحتوى المائي بالنبات، ومن المعروف أن وظيفة الثغور الأساسية هي التبادل الغازي للسماح لثاني أكسيد الكربون والأكسجين بدخول الورقة لإتمام عمليتي البناء الضوئي والتنفس.

وفي عملية النتح تؤدي رطوبة الهواء الدور الرئيسي في معدل خروج الماء عن طريق الثغور أيضا، ولما كانت أنسجة النبات تعتبر وسطاً مشبعاً بالماء، فإن الماء يخرج من التركيز الأعلى بأنسجة النبات إلي التركيز الأقل في الهواء، وكلما زادت رطوبة الجو يقل معدل خروج الماء من الأوراق. وتقلل الرياح الجافة من كمية بخار الماء في الهواء الملامس لأوراق النبات، الأمر الذي يزيد من معدل النتح. والأشجار تتعرض في ذلك لتأثيرات أكبر من النباتات العشبية، وتسبب الرياح الجافة الساخنة أضراراً بالكساء الخضري بسبب سرعة الفقد المائي وإصابة البراعم الزهرية، في حين

تكون الرياح الرطبة مواتية لنمو النباتات، ويعمل الكساء الخضري علـــى زيـــادة الرطوبة النسبية عن طريق الحد من تأثير الرياح والحرارة بالإضافة إلي إمداد الهـــواء ببخار الماء عن طريق النتح.

وتتوقف الرطوبة العامة للموطن على موقع هذا المـــوطن بالنـــسبة للمـــاء وارتفاعه عن سطح البحر، فالمناطق الساحلية من المناطق الرطبة في حـــين تكـــون المناطق الداخلية أكثر جفافاً، والغابات تكون رطوبتها عاليـــة في حـــين تكـــون الصحاري جافة، والأراضي المنخفضة تكون رطوبتها أعلى من المناطق المرتفعـــة، وتختلف الرطوبة النسبية داخل الموقع باختلاف درجة الحماية من الشمس والرياح.

خامساً: الرياح

تؤثر الرياح Winds على النباتات بدرجات متفاوتة، فهي شديدة التأثير في الأماكن المكشوفة وعلى شواطئ البحار ومرتفعات الجبال، وتؤثر الرياح بـــصورة مباشرة على النباتات أو بصورة غير مباشرة من خلال تأثيرها على درجة الحـــرارة والرطوبة والضوء. وتقاس سرعة الرياح بجهاز يسمي مقياس الرياح (أنيمـــوميتر) Anemometer يتكون من مراوح نصف كروية تتصل بقائم رأسي يـــدير عـــداد يسجل سرعة الرياح. **وتتأثر سرعة الرياح بعدة عوامل أهمها:-**

أ- العامل الطوبوغرافي (الموقعي) كالارتفاع والإنخفاض عن سطح البحـــر، فالرياح شديدة في الأماكن المرتفعة ساكنة في الأماكن المنخفضة.

ب- القرب أو البعد عن ساحل البحر فالرياح تكون شديدة على السواحل إذا قورنت بالمناطق الداخلية.

ولعل التأثير الهام للرياح هو زيادة معدل النتح حيث تساعد على تبخر الماء من الأوراق مما يؤدي إلي نقص الماء في أنسجة النبات، كما أنها تعمل علي تحريك الرطوبة عن طريق نقل كتل من الهواء الرطب أو الجاف من مكان لآخر، ويؤدي تحريك الرياح للسحب والضباب إلي تغير نسبة الرطوبة وشدة الضوء ودرجة الحرارة نتيجة خلط الهواء الجاف بالهواء الرطب وخلط الهواء الساخن بالهواء بالبارد.

أضرار الرياح

للرياح أضرار تلحقها بالنباتات نذكر منها:-

١- **التجفيف** Dessication وهو جفاف الأوراق نتيجة زيادة معدل فقد النبات للماء عن طريق النتح على معدل امتصاص الماء من التربة، وكذلك انثناء الأوراق نتيجة خروج الماء من المسافات البينية للخلايا إلي خارج الأوراق عبر الثغور ودخول هواء جاف ليحل محله.

٢- **التقزم** Dwarfing وهو ضعف تكوين الأعضاء واختزال حجمها، نتيجة هبوب الرياح خلال فترة النمو، وهو نتيجة مباشرة لاختلال التوازن المائي الداخلي للخلايا، فالنباتات التي تنمو تحت تأثير الرياح لاترتوي خلاياها وبذلك لا تتمكن من النمو حتى الوصول إلي الحجم الطبيعي لها.

٣- **التشوه** Deformation وهو التغير المستديم في شكل الأعضاء عندما تتعرض لرياح شديدة تهب من اتجاه ثابت، ويبدو التشوه واضحا في ميل الأشجار المعرضة لرياح شديدة، ويمتد التشوه إلي الأعشاب ونباتات المحاصيل حيث تسبب الرياح رقودها علي سطح الأرض.

٤- **التكسر** Breakage **وهو** تكسير أفرع النباتات ذات التغلظ الثانوي القليل، كذلك تكون الأشجار المصابة بأمراض فطرية أو حشرية والأشجار كبيرة السن والمكشوفة أكثر عرضة للكسر دون غيرها.

٥- **البَرْي** Abrasion **وهو** تآكُل أنسجة النبات وأوراقه من الناحية المواجهـــة للريح الحاملة للرمال، ويكون هذا التآكل أشدَّ ما يمكن على ارتفاع قليـــل من سطح الأرض، وأحياناً تُحدث الرياح المحملة بالرمال ثقوبًا بـــالأوراق وقد تستقر حبيبات الرمال في ثقوب الثغور.

٦- **الرذاذ الملحي** Salt spray وهو رذاذ أمواج البحار التي تصطدم بالـــشاطئ ويقع على النباتات القريبة منه والنباتات الحساسة للملوحة لا تستطيع النمو على مقربة من شاطئ البحر، كما يؤدي الرذاذ الملحي إلي حـــرق الأوراق التي يسقط عليها.

٧- **نقل الأمراض وانتشارها** فمن المعروف أن كثير من النباتـــات تـــصاب بالأمراض الفطرية والحشرية، وتنقل الرياح مثل هذه الأمراض إلي نباتـــات أخري في أماكن بعيدة وبصفة خاصة أمراض الصدأ والتفحم، فقد وجد أن أمراض الصدأ تنتقل بين الأقطار بواسطة الرياح.

٨- **التعرية** Erosion والمقصود بها تعرية أو تآكل التربة وذلك بنقل الطبقـــات السطحية منها إلي أماكن أخرى، وعندما يكون الكساء الخضري كثيـــف ومستديم فإنه يمنع تعرية التربة وانتقالها بفعل الرياح، أمـــا في المواقـــع ذات الكساء الخضري الخفيف فإن الرياح الشديدة تسبب تآكل التربة وتحريكها بما يسبب تعرية جذور النباتات القريبة وموتها.

فوائد الرياح

للرياح فوائد للنباتات منها:-

أ- مساعدة النباتات على التلقيح بحمل حبوب اللقاح من نبات لآخر.

ب- مساعدة النباتات علي الإنتشار بنثر البذور والثمار.

ج- مساعدة النباتات على الهجرة فيتسع مجال انتشارها.

د- تحريك السحب والمساعدة على سقوط الأمطار.

هـ- نقل الرطوبة من البحار والمحيطات لتلطف الجو.

وللتخفيف من آثار الرياح والوقاية منها في المناطق الرملية والمناطق الساحلية **يتم اتخاذ إجراءات منها:-**

أ- زراعة مصدات الرياح وهي أشجار قوية تزرع في صفوف.

ب- زراعة المحاصيل في خطوط منخفضة أو أخاديد تصد الرياح.

ج- زراعة محاصيل مختلفة بالتبادل لتظل الأرض مغطاة بكساء خضري.

د- زراعة أشجار ذات جذور كثيرة التفرع لتثبيت التربة.

الفصل الثالث

عوامل التربة

التربة Soil هي الطبقة المفككة من سطح الأرض التي تنمو عليها النباتات، وتتمثل في بضعة أقدام قلائل من سطح القشرة الأرضية تتـراوح أشـكالها بـين الصخور والحبيبات الدقيقة، والتربة هي نظام مركب يتكون مـن مـواد معدنيـة Mineral material ومواد عضوية Organic matter في مراحل مختلفة من التحلـل كما يحتوي على غازات التربة Soil gases وكائنات حية دقيقة Microorganisms وهي في الغالب من الكائنات المحللة.

أهمية التربة

تقوم التربة بوظيفة تثبيت النباتات في وضع رأسي في الأرض، وذلـك لأن الجذور تخترق التربة وتتغلغل فيها في اتجاهات عديدة فتعمل على تثبيت النبات، كما تساعده على مقاومة الرياح التي قد تؤدي إلي اقتلاعه من الأرض. كما تلعب التربة دوراً هاماً في نمو النبات، حيث يحصل النبات منها على الماء الـذي يـستخدمه في عمليتي النتح والبناء الضوئي وعلى الأملاح المعدنيـة كالكالـسيوم والماغنـسيوم والنترات والفوسفات التي يحتاجها لتصنيع المركبات العضوية التي يستخدمها النبات في عملياته الحيوية أو يختزنها في أنسجته، كما يحصل النبات من التربة أيضاً علـى الأكسجين الذي تحتاجه خلايا الجذور في عملية التنفس، وفي التربة تحدث عمليات التحلل عن طريق الكائنات المحللة التي توجد بها وبذلك تتكون المـادة العـضوية المفككة والمختلطة بالعناصر المعدنية.

تكوين التربة

تتكون التربة من حبيبات معدنية ومواد عضوية وماء وهواء، وتمثل الحبيبات المعدنية الهكيل الرئيسي للتربة وتنشأ عن تفتت الصخور بفعل عوامل التعرية، الـــتي تنقسم إلي عوامل فيزيائية وعوامل كيميائية وعوامل أحيائية.

العوامل الفيزيائية وهي العوامل التي قامت بتفتيت الصخور على مر العـــصور إلي حبيبات صغيرة، مثل الرياح، والحرارة، والمياة الجارية كالأمطار والـــسيول، والثلوج والجاذبيةُ الأرضية والبراكينُ والزلازلُ ونحرُ الأمواج للشواطئ.

العوامل الكيميائية وهي عمليات كيميائية نتوافق مع عمليات التعرية الفيزيائيـــة، حيث إن النباتات لا تستطيع النمو في الصخور مهما صغر حجمها بل لابد أن تتحول الأملاح والمواد الموجودة في هذه الصخور إلي صورة ذوَّابة لكـــي يستطيع النبات امتصاصها. **ومن عمليات التحات الكيميائي ما يلي:-**

١- **التميؤ** Hydration وهو اتحاد الماء بحبيبات التربة المعدنية، ومن أمثلتها تميـــؤ أكاسيد الحديد والألومنيوم والسيليكا.

٢- **التأكسد** Oxidation وهو إضافة الأكسجين إلي بعض الأملاح لتكـــوين أملاح أخرى ومن أمثلة ذلك تأكسد كربونات الحديـــدوز إلي أكـــسيد الحديديك وانطلاق اثني أكسيد الكربون.

$$4\,Fe\,CO_3 + O_2 \rightarrow 2\,Fe_2\,O_3 + 4CO_2$$

٣- **الاختزال** Reduction وهو نقص نسبة الاكسجين وخصوصاً في الطبقات العميقة من التربة مثل اختزال مركبات الحديديك إلي مركبات الحديدوز:

$$Fe_2\,(SO_4)_3 + Na\,No_2 \rightarrow Fe\,(NO_2)_2 + SO_4$$

٤- التحلل المائي Hydrolysis وهو تحلل الماء واتحاده مع الأملاح، مثال ذلك تكوين حمض السلسليك من سليكات الكالسيوم.

$$Ca\,Si\,O_3 + 2\,HOH \rightarrow H_2\,Si\,O_3 + Ca\,(OH)_2$$

٥- التكربن أو التفحم Carbonation وهو عبارة عن اتحاد ثاني أكسيد الكربون مع الأملاح القاعدية بالتربة لتكوين بيكربونات هذه الأملاح وكربوناتها، مثال ذلك تكوين بيكربونات الكالسيوم وكربونات البوتاسيوم.

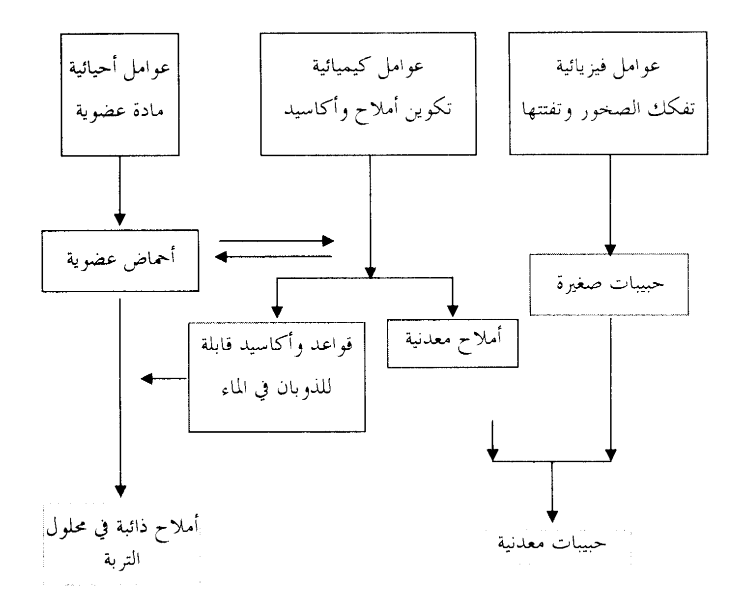
$$Ca\,(OH)_2 + 2\,CO_2 \rightarrow Ca\,(HCO_3)_2$$

$$2\,KOH + CO_2 \rightarrow K_2\,CO_3 + H_2O$$

العوامل الأحيائية مثل جذور النباتات التي تعمل على تفكيك التربة بطريقة ميكانيكية، والحيوانات الثاقبة والحفارة والديدان الأرضية، كما تؤدي الكائنات الحية الدقيقة دوراً هاماً في تكوين المواد العضوية بالتربة.

تكوين المواد العضوية

تمثل أجزاء النباتات وأوراقها المتساقطة على التربة مصدراً لمواد عضوية كثيرة Organic matter تختلط بحبيبات التربة فتحدث بها تغيرات جوهرية، فهي تحوي طاقة مختزنة تجعلها صالحة لنمو كثير من الكائنات الدقيقة التي تزيد من خصوبة التربة بتثبيتها النيتروجين الجوي وإضافة مواد عضوية جديدة إلي التربة. والمواد العضوية المتخلفة عن النباتات تتحول بفعل الكائنات الدقيقة إلي مادة متحللة سوداء اللون تسمي الدبال Humus وتختلف نسبتها في التربة من أقل من ١% إلي ١٥%. ويوضح **شكل ٣-٦** دور العوامل الفيزيائية والكيميائية والأحيائية في تكوين التربة.



شكل ٣-٦: رسم تخطيطي لدور العوامل الفيزيائية والكميائية والأحيائية في تكوين الحبيبات المعدنية والأملاح والمواد العضوية في التربة.

ماء التربة

لماء التربة Soil water ثلاث مصادر رئيسية هي الأمطار وذوبان الثلوج والندي، وعندما تمتص التربة الماء يصبح متاحاً لجذور النباتات التي تمتصه وتطلقه على صورة بخار في عملية النتح، كما يتبخر الماء أيضاً من البحار والمحيطات والأنهار ويتساقط بخار الماء على هيئة مطر بفعل الرياح، أنظر دورة الماء في الطبيعة (الباب الثاني).

منشأ التربة

يوجد نوعان من التربة يختلفان من حيث المصدر Soil origin هما **التربة الثابتة والتربة المنقولة:-**

أ- **التربة الثابتة** Residual soil وتنشأ مادتها الأصلية من تفتت الصخور في نفس المكان الذي تبنى فيه التربة.

ب- **التربة المنقولة** Transported soil وتنشأ من تفكك وتفتت الصخور في مكان بعيد عن المكان الذي تتكون به التربة، وتنتقل هذه التربة إلي المكان الذي تترسب به محمولة **بعدة وسائل مختلفة هي:-**

١- **الجاذبية** Gravity ويطلق على التربة طميية Colluvial.

٢- **المياه الجارية** Running water ويطلق على التربة غرينية Alluvial.

٣- **الأنهار الجليدية** Glaciers ويطلق على التربة جليدية Glacial.

٤- **الرياح** Winds ويطلق ويطلق على التربة ريحية (هوائية) Eolian.

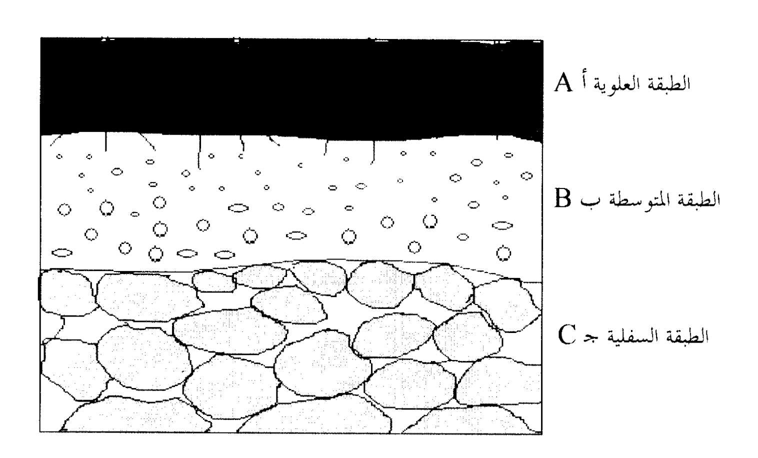
مقطع التربة

المقصود بمقطع التربة (قطاع التربة) Soil profile التكوين الرأسي للتربة من أعلى إلي أسفل. وفي هذا القطاع (**شكل ٣-٧**) يمكن تمييز ثلاث طبقات أو **مستويات رئيسية هي:-**

أ- الطبقة العلوية وتعرف بالمستوى أ (A) وبها معظم الجذور والمادة العضوية التي تترسب على هيئة ركام Litter وعندما تتحلل وتختلط مع حبيبات التربة تشارك في تكوين الدبال.

ب- الطبقة المتوسطة، وتعرف بالمستوى ب (B) وتترسب بها المواد التي ترشح من المستوى أ وتتكون هذه الطبقة أساساً من المواد المعدنية التي تفتت من الصخور بفعل العوامل الفيزيائية لتكوين التربة.

جـ- الطبقة السفلية وتعرف بالمستوى جـ (C) وهي طبقة الأصل أو الصخور التي لم تتحلل بعد، وتسمي الصخرة الأم Parent rock.



شكل ٣-٧: رسم تخطيطي لقطاع طولي في طبقات التربة.

قوام التربة

المقصود بقوام التربة Soil texture نعومة الحبيبات المعدنية التي تتكون منها أوخشونتها وحجمها وترتيبها مع بعضها البعض، وتنقسم هذه الحبيبات حسب حجمها إلي أربع فئات حسب قطر حبيبات كل منها كما في الجدول **رقم ٣-٢**.

جدول ٣-٢: أحجام الحبيبات في التربة.

حبيبات التربة		قطر الحبيبة
حصى	Gravel	أكثر من ٢مم
رمل خشن	Coarse sand	٢-٠,٢٥مم
رمل ناعم	Fine sand	٠,٢٥مم-٠,٠٥مم
طمي	Silt	٠,٢٥مم-٠,٠٠٢مم
طين	Clay	٠,٠٠٢مم

وتنقسم الأراضي إلي خمسة أقسام مختلفة تبعاً لقوام التربة أي نسب مكوناتها من من الرمل والطمي والطين **هي الأقسام التالية:-**

١- التربة الرملية Sand soil وتحتوي على ٨٠% من وزنها أو أكثر من الرمل و٢٠% أو أقل من الطمي والطين. وهي ذات قدرة ضعيفة على الاحتفاظ بالماء ، وكمية المواد الغذائية بها قليلة، لكنها ذات تهوية جيدة.

٢- التربة الطمي رملية Sandy loamy soil وتتكون من ٤٥% طمياً و٣٥% رملاً و٢٠% طيناً.

٣- التربة الطمي طينية Clay loamy soil وتتكون من ٦٠% طميًا و٢٠% طينًا و٢٠% رملاً.

٣- التربة الطينية Clay soil وتحتوي على أكثر من ٣٥% طينًا، وهي ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء، وكمية الغذاء بها كثيرة، ولكنها فقيرة الصرف رديئة التهوية.

٥- التربة الصفراء Loamy soil وتتكون من نسب متساوية من الطمي والرمل والطين، وهي أفضل أنواع التربة من حيث السعة المائية والتهوية وكمية الغذاء الموجودة بها، وهي أكثر أنواع التربة ملاءمة لنمو النباتات.

السعة المائية للتربة

السعة المائية Water holding capacity للتربة هي مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وتتأثر هذه الخاصية بحجم الحبيبات التي تتكون منها التربة، فالحبيبات الصغيرة يكون سطحها كبيراً وتكون ذات قدرة أكبر من الحبيبات الكبيرة على الاحتفاظ بالماء؛ حيث يتجمع الماء في صورة أغشية على أسطح الحبيبات الصغيرة كما يحمل في الزوايا التي توجد بين الحبيبات. أما في حالة الحبيبات الكبيرة فإن الماء يتسرب بسرعة من المساحات التي بين الحبيبات. وذلك يفسر احتفاظ التربة الطينية بالماء أكثر من التربة الرملية. إلا أن التربة الرملية ذات مقدرة أكبر على نفاذية الماء نظراً لاتساع الثقوب بين الحبيبات، ولذلك فإنها تتشرب ماء المطر الذي ينفذ إلي الطبقات الدنيا من التربة ، في حين يمر الماء بصعوبة خلال التربة الطينية لضيق الثقوب بين الحبيبات. ولذلك فإن كمية من المطر تضيع بالانسياب السطحي.

بعض المصطلحات الخاصة بماء التربة

المحتوى المائي للتربة

المحتوى المائي Water content للتربة هو كمية الماء الذي تحتوي عليه التربة، ويشمل الماء الممسوك على سطوح الحبيبات وفي الفراغات بين الحبيبات والمتشرب بواسطة الحبيبات الفردية بالتربة **أربعة أقسام هي:-**

أ- **ماء الجاذبية الأرضية** Gravitational water وهو الماء الذي يشغل الفراغات الواسعة غير الشعرية وينفذ إلي أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية، وعقب الري أو سقوط المطر تصبح التربة مشبعة بالماء الذي يملأ الفراغات الشعرية وغير الشعرية معاً، ثم لا يلبث الماء الذي يشغل الفراغات غير الشعرية أن ينفذ إلي أسفل تاركاً هذه الفراغات التي يدخلها الهواء، وإذا صادف هذا الماء طبقة صخرية قريبة من سطح التربة يتجمع فوقها فيما يسمي الماء الأرضي الحر Free water table ويكون قريباً من سطح الأرض ومن ثم تصبح تهوية التربة رديئة. إلا أن يكون مستوى الماء الأرضي الحر غالباً ما يكون عميقاً، ولذلك فإن النبات لا يستطيع الاستفادة من ماء الجاذبية الأرضية.

ب- **الماء الشعري** Capillary water وهو الماء الموجود محصوراً في الزوايا بين الحبيبات أو تمتلئ به الثقوب الشعرية الضيقة بعد رشح ماء الجاذبية الأرضية من التربة بعد الري أو سقوط المطر، وتختلف كمية الماء الشعري الذي تحمله التربة تبعاً لقوامها فهذه الكمية تكون أكبر في الأراضي الطينية الثقيلة ذات الحبيبات الطينية عن الأراضي الرملية ذات الحبيبات الخشنة.

ج- **الماء الهيجروسكوبي** Hygroscopic water وهو الماء الذي تحتجزه التربة عندما تجف في الهواء، ويوجد هذا الماء على صورة أغشية رقيقة على سطح الحبيبات، ولذلك يكون ممسوكاً بقوة كبيرة ويستعصي على النبات امتصاصه، ونسبة الماء الهيجروسكوبي تكون أكبر في التربة الطينية عنها في التربة الرملية، كما أنها تتغير في حدود ضيقة مع تغيرات درجة الحرارة والرطوبة، فتكون أكبر في الجو الرطب البارد وتنقص كلما ارتفعت درجة الحرارة وانخفضت الرطوبة.

د- **الماء المتحد (المرتبط)** Combined water وهو الماء المرتبط مع المواد المكونة للتربة من أكاسيد السيليكون والألومنيوم والحديد، وهذا الماء لا يمكن فصله عن هذه المركبات حتى درجة حرارة ١٠٠°م.

هـ- **السعة المائية القصوى للتربة** (سعة التشبع Saturation capacity) هي كمية الماء الموجود في التربة عندما تصل إلى حد التشبع التام بالماء.

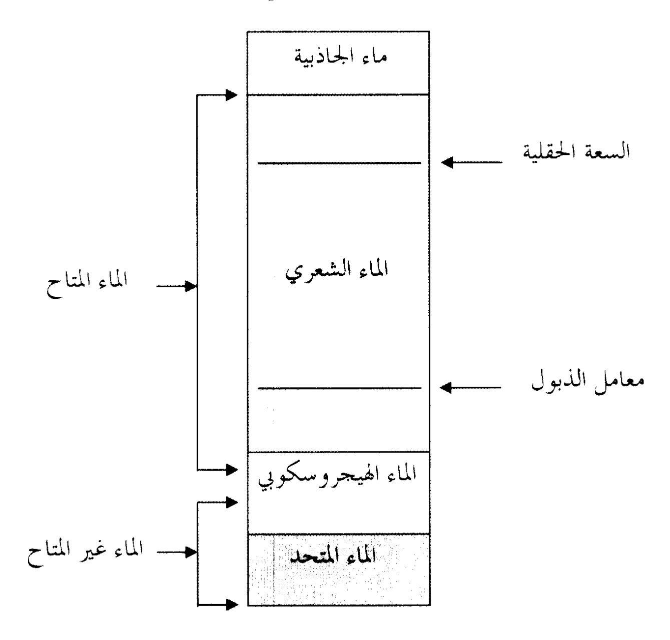
و- **السعة الحقلية** Field capacity هي كمية الماء المتبقي من ماء التربة بعد رشح ماء الجاذبية الأرضية، وحتى تصير حركة الماء الشعري بطيئة، وعند هذه الحالة يصبح ماء التربة مناسبًا لنمو النبات نموًّا جيدا، وتبلغ الأراضي الزراعية سعتها الحقلية بعد الري أو سقوط الأمطار بفترة يختلف طولها حسب قوام التربة. فالأراضي الرملية تصل إلى سعتها الحقلية بعد بضع ساعات من الري أو سقوط المطر، في حين تستغرق التربة الطينية بضعة أيام بعد الري لكي يصل محتواها المائي إلى السعة الحقلية.

ز- **معامل الذبول** Wilting coefficient هو الحد من المحتوى المائي للتربة الذي تذبل النباتات عنده ذبولاً مستديماً Permanent wilting ولكن يمكنها النمو بحالة جيدة عند إضافة الماء إليها. ومعامل الذبول يمثل الحد الأدنى من ماء التربة اللازم لنمو النبات وليس الحد الأدنى من الماء الذي يستطيع النبات امتصاصه؛ لأن النبات يستطيع الاستمرار في امتصاص الماء من التربة إذا قلت كميته عن معامل الذبول وحتى يصل إلى الماء الهيجروسكوبي الذي تحتفظ به التربة الجافة في الهواء. ويوضح **شكل ٣-٩** العلاقة بين المحتوى المائي للتربة والسعة الحقلية ومعامل الذبول. وقد وجد برِجْز Briggs أن هناك علاقة

تربط معامل الذبول بالماء الهيجروسكوبي للتربة، وكذلك بين السعة الحقليـــة ومعامل الذبول **تتضح من المعادلتين الآتيتين:-**

١- معامل الماء الهيجروسكوبي = ٦٨% من معامل الذبول.

٢- السعة الحقلية = ١,٨٤ % من معامل الذبول.



شكل ٣-٩: رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين المحتوى المائي للتربة والسعة الحقلية ومعامل الذبول والماء المتاح وغير المتاح.

الأملاح والعناصر المعدنية بالتربة

يوجد بالتربة كثير من الأملاح والعناصر والأيونات الذائبة في مـــاء التربـــة مكونة ما يعرف بمحلول التربة Soil solution. ويتراوح الضغط الأسموزي لمحلـــول التربة في الأرضي الزراعية بين ٠,٢ و١ ضغط جوي وهو أقل كثيراً من الـــضغط الأسموزي لجذور معظم النباتات الذي يتراوح بين ٥ و٢٠ ضغطاً جوياً. وتركيـــز الأملاح والعناصر في محلول التربة في حالة تغير مستمر بسبب ســقوط الأمطـــار والتبخر والصرف واستهلاك النباتات للمواد المعدنية من التربة، ويختلـــف مـــصدر أملاح التربة؛ فبعضها كالصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والسيليكون والكربونات والكبريتات يتم تكوينها عند بناء التربـــة بفعـــل عوامـــل التجويـــة Weathering، والبعض الآخر كالكربونات والنترات والفوسفات ومواد عـــضوية أخرى تنتج من تحلل البقايا النباتية التي تتحلل في باطن الارض، كما أن الاكسجين والنيتروجين والأرجون وثاني أكسيد الكربون يتم تثبيتها في التربة من الهواء الجوي أو بذوبالها في الماء، وأهم العناصر لنمو النبـــات هـــي النيتـــروجين والفوســـفات والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم.

خصوبة التربة

تعبر خصوبة التربة Soil fertility عن وفرة المـــواد الغذائيـــة في التربـــة وصلاحيتها لنمو النبات، وبصفة عامة يمكن القول أن التربة ذات الحبيبات الطينية أكثر خصوبة من التربة الرملية ذات الحبيبـــــات الخشنة، والسبب في ذلـــك أن الأيونات اللازمة للغذاء المعدني للنبات توجد ممتـــزة Adsorbed علـــى أســـطح الحبيبات الفردية الصغيرة التي توجد بالتربة الطينية.

العوامل التي تساعد على خصوبة التربة

١- توافر الأملاح المعدنية.

٢- توافر المادة العضوية (الدبال).

٣- توافر الماء بكمية مناسبة لنمو النباتات.

٤- توازن قوام التربة من حيث حجم حبيباتها.

٥- وجود كائنات دقيقة بالتربة تعمل على تفكيكها مما يساعد في تهوية التربة وإمدادها بالأملاح والعناصر والمواد العضوية

٦- وجود ديدان الأرض والقوارض والنمل، وتعمل هذه الكائنات على تفكيك التربة وتقليبها، الأمر الذي يساعد على تهوية التربة واختراق الجذور لها بسهولة.

٧- تهوية التربة مما يساعد علي التخلص من ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفس الجذور والكائنات الدقيقة ووفرة الأكسجين اللازم لعملية التنفس.

الفصل الرابع

عوامل التضاريس

التضاريس هي أشكال سطح الأرض، وتتفاوت بين الجبال والهضاب والسهول والوديان، وتسمي الاختلافات في أشكال سطح الأرض بالعوامل الطبوغرافية Physiographic Factors وهي ذات تأثير كبير على الكساء الخضري؛ لأن هذه العوامل تعمل على تقسيم الوسط البيئي للمجتمع النباتي إلي أوساط بيئية موضعية Microhabitats متباينة ومتميزة، ومن أهم العوامل الطبوغرافية التي تؤثر على الكساء الخضري، الارتفاع عن سطح البحر ودرجة انحدار الجبال والمرتفعات والتعرض للرياح أو الشمس ووجود الوديان، وهذه العوامل تساعد على تغير المناخ الذي يتأثر بدوره بالحالة الطبوغرافية، ومن ثم فإن الكساء الخضري لا يتأثر بالتغيرات الطبوغرافية فقط بل وأيضاً بالتغير في المناخ الناتج عن هذه التغيرات.

١- الارتفاع

المقصود بالإرتفاع Elevation هو إرتفاع سطح الأرض علي اليابسة عن مستوي سطح البحر، ويؤثر الإرتفاع علي النباتات من خلال تأثيره علي درجة الحرارة، فمن المعروف أن درجة الحرارة تنخفض كلما إزداد الارتفاع عن سطح البحر، بما يسبب قصر فترة النمو الخضري للنباتات، ويؤدي قصر فترة النمو إلي إسراع الوظائف الحيوية، وبصفة خاصة تكوين الأزهار والثمار، ولذلك فإن المستويات المرتفعة علي قمم الجبال يمكن مقارنتها بالصحاري قليلة الأمطار؛ حيث أن النباتات التي تنمو بهاتين المنطقتين تتميز بظاهرة الإسراع للوظائف

الحيوية، وفي المناطق المرتفعة تختلف طرز التكوينات النباتية تبعاً للارتفاع؛ فعلى سفوح الجبال تنمو غابات كثيفة حتى ارتفاع معين لا تتجاوزه يعرف بمـــدى الأشجار، وفوق هذا المستوى تنمو نباتات شجيرية وأعشاب أقل كثافة وغزارة من الغابات، وفي قمم الجبال العالية، حيث تنخفض درجة الحـــرارة وتتـــراكم الثلوج، يختفي الكساء الخضري أو يقل كثيراً ويتمثل بنباتات متفرقـــة تتمثـــل بأنواع قليلة يمكنها الحياة في ظل الظروف البيئية الصعبة فـــوق قمـــم الجبـــال المتجمدة.

٢- الانحدار

يؤثر انحدار Slope سطح الأرض على نمو الكساء الخـــضري وكثافتـــه وحجمه، ويرجع ذلك إلي أثر الانحدار في زاوية أشعة الشمس، الأمر الذي يؤثر في درجة تعرض الأرض للإشعاع الشمسي، وما يتبع ذلك من أثر على الكساء الخضري، ومن الآثار المعروفة لذلك في نصف الكرة الشمالي اختلاف الكـــساء الخضري علي السفوح الشمالية عن الكساء الخضري علي السفوح الجنوبيـــة، كما يؤثر الانحدار في المحتوى المائي للتربة، حيث يتسبب الانحدار الـــشديد في تحريك الماء وانتقاله في التربة من المرتفعات إلي المنخفضات، وفي المناطق الرطبة الغزيرة الأمطار تكون حركة الماء من المرتفعات إلي المنخفضات أمـــرًا مفيـــدًا، حيث يساعد على تهوية التربة وجعلها أكثر ملاءمة لنمو النباتات، أما في المناطق الجافة فانحسار الماء عن التربة في المرتفعات وسرعة صرفه يؤدي إلي أضرار كثيرة؛ لأنه يزيد التربة جفافاً.

٣- التعرض

يقصد بالتعرض Exposure هنا التعرض للإشعاعات الشمسية والرياح في المناطق ذات الاختلافات الطبوغرافية الكبيرة التي تؤدي إلي تكوين سلاسل من الجبال الشاهقة، ويؤدي ذلك إلي تحديد مناطق مناخية متباينة، فالسفوح الشمالية في نصف الكرة الأرضية الشمالي تكون باردة، لأنها تكون محجوبة عن أشعة الشمس الحارة، أما السفوح الجنوبية فإنها تتعرض للشمس طول النهار، وهذا الاختلاف في درجة التعرض للشمس يسبب اختلافاً كبيراً، ليس فقط في شدة الضوء والحرارة بين السفح الجنوبي والشمالي للجبال، ولكن يؤثر أيضاً على درجة رطوبة الهواء، وتتسبب هذه العوامل في اختلاف الكساء الخضري بين السفوح الجنوبية والشمالية.

٤- الوديان

تكون الوديان العميقة الضيقة محمية من أثر الرياح وتكون تربتها عميقة خصبة بسبب ما يتجمع بها من تربة تحملها إليها الرياح ومياه الأمطار والسيول ومواردها من الماء غزيرة، إلا أن التربة تختلف بين المواقع المختلفة بالوديان من حيث تركيبها الميكانيكي وصفاتها الفيزيائية وخصائصها الكيميائية ومحتواها المائي ودرجة خصوبتها، ففي بطن الوديان تتجمع تربة خصبة تمثل بيئة أكثر ملاءمة لنمو النباتات من بيئة المرتفعات والسفوح علي جانبي الوادي، ولذلك فإن الكساء الخضري في بطن الوديان يكون كثيفاً متعدد الأنواع، وتقل كثافة نمو النباتات كلما صعدنا سفح الجبل.

٥- المناخ الموضعي

يختلف المناخ الموضعي كثيراً في مدى بضعة أمتار على الأراضي غير المستوية؛ إذ أن الحالة الطبوغرافية بالموقع تؤثر كثيراً على المناخ الموضعي، ففي حماية صخرة أو كثيب صغير يكون هناك اختلاف هام في تأثير الرياح، ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة كثيراً في الصحاري والمناطق الساحلية، حيث تزداد غزارة النباتات ويزداد حجمها في الناحية الواقعة خلف المرتفعات التي تعترض اتجاه الرياح في حين تقل النباتات في الناحية المواجهة للرياح، وبالمثل فإن الاختلافات البسيطة في مستوى سطح الأرض بالصحاري تسبب اختلافاً شاسعاً في توزيع النباتات، وذلك بسبب تجمع المطر والأتربة التي تحملها الرياح والأمطار إلي المنخفضات، الأمر الذي يؤدي إلي غزارة النباتات بها، في حين تظل المرتفعات عارية من الكساء الخضري.

الفصل الخامس

العوامل الأحيائية

العوامل الأحيائية Biotic Factors هي التأثيرات المتبادلة بين الكائنات الحية وبعضها، وللكائنات الحية أثر كبير علي النباتات؛ إذ لا يخلو نبات من وجود صلة بينه وبين كائن حي آخر سواء كان نباتاً أو حيواناً، ويمكن تقسيم العوامل الأحيائية التي تؤثر على النباتات إلي علاقة فيما بين النباتات وبعضها البعض وعلاقة بين النباتات والحيوانات، وبالطبع فإن للكائنات الدقيقة تأثيرات شديدة علي النباتات.

أولاً: العلاقات المتبادلة بين النباتات

يمكن وضع العلاقات التبادلة بين النباتات في أربع صور هي التطفل Parasitism والمعايشة Commensalisms والتكافل أو التقايض Symbiosis والمنافسة Competition. وفيما يلي نتناول هذه العلاقات ببعض التفصيل.

التطفل

التطفل Parasitism هو إعتماد أحد النباتات في نموه علي نبات آخر، ويسمي النبات الأول متطفلاً ويعرف بالطفيل Parasite بينما يسمي النبات الثاني بالعائل Host، ويستفيد الطفيل بما يمتصه من مواد غذائية من العائل ويكون معتمداً عليه اعتماداً كلياً في حياته، كما أنه يسبب له الضرر. والتطفل يشمل كثيراً من النباتات الزهرية كما يشمل كثير من الكائنات الدقيقة، وبصفة خاصة الفطريات التي تسبب كثيراً من الأمراض الفطرية للنباتات مثال ذلك فطر صدأ القمح.

والتطفل قد يكون كاملاً، كما في تطفل الهالوك *Orobanche* علي الفول والحامول *Cuscuta* علي البرسيم أو قد يكون جزئياً كما في نبات الهدال *Loranthus curviflorus* الذي يتطفل على المجموع الخضري للسنط *Acacia*. ولنبات الهدال أوراق خضراء تقوم بعملية البناء الضوئي التي من خلالها يصنع النبات غذاءه العضوي أما الاحتياجات الغذائية غير العضوية فيحصل عليها من النبات العائل.

والنبات المتطفل يثير مقاومة النبات العائل، وإذا كانت مقاومة العائل ضعيفة فإن الطفيل يجد فيه وسطاً ملائماً للنمو، الأمر الذي يلحق الضرر بالعائل، ففي هذه الحالات يُضعف الطفيل نمو العائل ويجعله أقل قدرة على المنافسة ويحد من تكاثره وانتشاره، فقد يحول الطفيل دون نمو أعضاء التكاثر نتيجة نموه في مكانها أو يسبب إضطرابات في تغذية النبات العائل تجعله غير قادر على إكمال نموه حتى مرحلة تكوين الأزهار والثمار، ومن أمثلة ذلك الفطر المسمي سيستوبس كانديدا *Cystopus candida* الذي يصيب نبات الخردل *Sinapis arvensis*. فيسبب تضخم أجزاء الزهرة وعدم تكوين حبوب لقاح في أسديتها كما يسبب ضمور المبيض، وفي بعض الحالات يقاوم النبات العائل الطفيل فتنشط أنسجته وتحدث انقسامات متتالية للنواة في الخلية الواحد فتتكون أورام ظاهرة تعرف بالعفصات Galls.

المعايشة

المعايشة Commensalisms هي علاقة بين نباتين دون تأثير ضار لأحدهما على الآخر وحصول كل منهما على بعض المكاسب من الآخر، فالنباتات قد تكون احتياجاتها الضوئية والغذائية مختلفة فيتعايش بعضها مع بعض دون تنافس، ومن أمثلة التعايش: النباتات العالقة Epiphytes والنباتات المتسلقة Climbing plants.

أ- النباتات العالقة

النباتات العالقة Epiphytes هي نباتات تتخذ من فروع الأشجار والشجيرات دعامة أو مسكناً لها، وهي في الغالب لا تضر بالنباتات الحاملة لها، ولا توجد بين النباتات العالقة والنباتات التي تعيش عليها علاقات فسيولوجية أو كيميائية؛ فالنباتات العالقة تعيش على الفروع الحية للأشجار وتتدلى جذورها في الهواء وتتمكن من امتصاص الماء من الرطوبة الجوية المرتفعة، وتكثر النباتات العالقة في الغابات الاستوائية، وللنباتات العالقة جذور هوائية بها تكيفات تمكنها من امتصاص بخار الماء من الجو، كما أنها تحصل على المواد الغذائية من الغبار المتطاير من التربة وما يتحلل من قلف الأشجار، وهناك بعض النباتات التي تجمع الماء في أوراقها المتحولة فيما يشبه القدر كما في نبات القدر المسمى نبنثيس *Nepenthes*.

وقد يكون للنباتات العالقة تأثيرات سلبية على النباتات التي تعيش عليها بطريقة غير مباشرة، فبعض الفطريات التي تعيش بطريقة تكافلية مع النباتات العالقة تتطفل على الأشجار الحاملة لها، كما أن النباتات العالقة من الأشن Lichens والطحالب كثيراً ما تغطي جذوع الأشجار الحاملة لها فتؤثر على درجة حرارة الجذوع ورطوبتها وصفاتها الفيزيائية، كما تؤدي إلى حجب الضوء عن الفروع فتقل البلاستيدات الخضراء بها فيتناقص معدل البناء الضوئي، وفضلاً عن ذلك فإن هذه النباتات العالقة تمتص الماء والأملاح والمواد العضوية من أنسجة الأشجار الحاملة لها، وقد يستفيد النبات الحامل من النباتات العالقة من الطحالب الخضراء المزرقة التي تقوم بتثبيت النتروجين الجوي.

ب- النباتات المتسلقة

النباتات المتسلقة Climbing plants (Lianas) هي نباتات وعائية ضعيفة السيقان مثبتة في التربة وسوقها في وضع قائم باعتمادها على نبات آخر أو دعامة للتسلق عليها، وذلك للحصول على أكبر قدر من الضوء وتشمل هذه النباتات:-

أ- نباتات متسلقة بواسطة الجذور العرضية التي تنمو على ساق النبات الحامل لها وتدخل في شقوق قشرة الأشجار كما في الفانيلا *Vanilla*.

ب- نباتات متسلقة بالأشواك، مثل الجهنمية *Bougainvillea*.

جـ- نباتات متسلقة ملتفة، حيث تلتف الساق بأكملها حول جذوع الأشجار وأفرعها، كما في نبات العُلّيق *Convolvulus*.

د- نباتات متسلقة بالمحاليق، وقد تكون المحاليق وريقات متحورة كما في بسلة الزهور *Lathyrus*، أو أعناق أوراق متحورة كما في الكليماتس *Clematus* أو سيقان متحورة كما في العنب *Vitis* (**شكل ٣-١٠**).



شكل ٣-١٠: صورة فوتوغرافية لمحلاق يلتف حول دعامة.

وللنباتات المتسلقة تأثيرات متباينة على النباتات الداعمة لها بصورة مباشرة أو غير مباشرة، فإذا كانت النباتات المتسلقة كثيفة فإنها تحجب الضوء وتزيد من

رطوبة الهواء، وكثيراً ما تصبح الإضاءة ضعيفة عند مستوى الطبقات السفلى نتيجة تجمع تيجان النباتات المتسلقة عند قمة الأشجار الداعمة لها، الأمر الذي يؤثر على نمو بادرات الأشجار الداعمة، وعندما تصل النباتات المتسلقة إلي مستوى تيجان الأشجار فإنها قد تكون تاجاً كثيفاً من الأوراق يصبح حملاً ثقيلاً على أفرع النباتات الداعمة يؤدي إلي تكسير الفروع، كما أن السيقان والفروع غالباً ما تكون متقوسة بسبب الحمل الثقيل من النباتات المتسلقة.

وبمقارنة التطفل بالنباتات العالقة والمتسلقة نجد أن التطفل يمثل رابطة اعتماد قوية، في حين نجد أن النباتات العالقة والمتسلقة ذات رابطة ضعيفة، فهي لا تعتمد على نباتات أخرى في غذائها — كما في حالة التطفل — ولكنها تعتمد عليها فقط لتأخذ وضعاً رأسياً لتنمو إلي أعلى لتحصل على قدر كبير من الضوء.

التكافل

التكافل Symbiosis هو مشاركة بين نباتين يتبادلان من خلالها المنفعة؛ إذ يعتمد كل منهما على الآخر في الحصول على نوع من الغذاء دون أن يسبب ضرر، وفي بعض الحالات لا يمكن لأي منهما أن ينمو دون الآخر. ويوصف التكافل في هذه الحالات بالتقايض أو المبادلة Mutualism. ومن صور التكافل الشائعة بين النباتات نذكر الأمثلة التالية:—

١—الأشن Lichens وفيها يتحد فطر مع طحلب فيمد الطحلبُ الفُطْرَ بالمواد الكربوهيدراتية في حين يمد الفُطر الطحلب بالمواد الغذائية الأخرى من التربة ويوفر له الحماية من الجفاف.

٢- العقد البكتيرية التي تظهر علي نباتات الفصيلة البقولية، حيث تحصل البكتيريا التي تعيش في هذه العقد على المواد الكربوهيدراتية من النبات في حين تمده بالمواد البروتينية التي تتكون بمساعدة النيتروجين الجوي الذي تقوم البكتريا بتثبيته من الهواء (**شكل ٣-١١**). ومن الجدير بالذكر أن بعض الطحالب الخضراء المُزرقّة يمكنها أيضاً تثبيت النيتروجين الجوي.



شكل ٣-١١: صورة فوتوغرافية للعقد البكتيرية المصاحبة لجذور البقوليات.

٣- الفطريات الجذرية Mycorrhiza وهي فطريات تصاحب جذور بعض الأنواع النباتية مثل الزان *Fagus* والبلوط *Quercus* والصنوبر *Pinus*، ويعتمد إنبات بذور ونمو بادرات مثل هذه النباتات على وجود الفطر المناسب في التربة، وقد يكون الفطر محمولاً في البذور نفسها ليساعد على إنباتها. وتقوم مثل هذه الفطريات ببناء المواد الدبالية النيتروجينية لصالح الأشجار، كما أنها تحصل على المواد الكربوهيدراتية من الأشجار. **ويوجد من هذه الفطريات الجذرية نوعان:-**

أ- فطريات جذرية خارجية

الفطريات الجذرية الخارجية Exotrophic mycorrhiza هي فطريات تحيط بالجذور من الخارج وتمتد داخلها في المسافات البينية بين الخلايا وتقوم مقام الشعيرات الجذرية في امتصاص الماء والأملاح المعدنية وتقديمها للنبات، كما في الصنوبر والبلوط والزان.

ب- فطريات جذرية داخلية

الفطريات الجذرية الداخليـــة Endotrophic mycorrhiza هـــي فطريات تعيش بالكامل داخل جذور النباتات وتخترق جدر الخلايا، كما في نبات القبقب *Acer* والخليج *Arica* وكثير من نباتات الفصيلة السحلبية.

المنافسة

تنشأ المنافسة Competition بين النباتات عندما تنمو النباتات في مكـــان واحد فيه عامل أو أكثر من العوامل الضرورية لحياتها بقدر غـــير كـــاف لـــسد احتياجات جميع النباتات، و غالباً ما يكون التنافس عل الماء أو المواد الغذائيـــة أو الضوء، ويكون شديداً بين الأفراد التي تتشابه احتياجاتها وتستمد هذه الاحتياجات من المورد نفسه في نفس الوقت، والتنافس قد يكون بين أفراد النوع الواحد أو أفراد أنواع مختلفة. ويحدث التنافس بين أفراد النوع الواحد وخاصة عندما تكون كثافتها عالية؛ لأنها تتشابه في احتياجاتها الغذائية والمائية والضوئية، ويقاس التنـــافس بـــين الأفراد من نفس النوع على أساس عدد الأفراد التي تموت أو على أساس قوة الأفراد وإنتاجيتها، والمنافسة بين الأنواع المختلفة من النباتات تكون بين الأنـــواع ذوات الصور المتشابهة أكثر منها بين الأنواع غير المتشابهة، والتنافس يكون حـــاداً بـــين الأشجار وبعضها وبين الشجيرات وبعضها، وتكون نتيجته نقص عـــدد الأفـــراد

وأحجامها أو اختفاء نوع أو أكثر من النباتات، ويكون التنافس بين المجموع الخضري على الضوء وبين المجموع الجذري على الماء والمواد المعدنية في محلول التربة، وترتبط قدرة أي نوع من النباتات على المنافسة بخواصه البيولوجية، **ومن الخواص التي تساعد الأنواع النباتية علي المنافسة الصفات التالية:-**

١- البذور كبيرة الحجم لأنها تحوي جنين كبير يعطي بادرات كبيرة الحجم تختزن كمية كبيرة من الغذاء اللازم لإنبات الجنين ونمو البادرة .

٢- سرعة النمو ويعتمد ذلك علي وجود جينات حافزة للنمو.

٣- القامة العالية التي تسبق هامات النباتات المجاورة إلي الضوء وتحجبه عنها.

٤- القدرة على ترسيب بقايا ركامية Litter فوق سطح التربة.

٥- وجود صور معمرة مثل الريزومات والكورمات والأبصال.

ومن صور المنافسة بين النباتات تأثير نبات على آخر من خلال إفراز مركبات كيميائية متعددة أو من خلال إنتاج مواد من تحلل أجزاء النبات الميتة وهو ما يسمى بالإفرازات المثبطة المسماة بالآليلوباثية Allelopathy، وهو الأثر الضار الذي يلحقه نبات بآخر عن طريق إفرازه مواد كيميائية في الوسط المحيط به، وقد تفرَز هذه المواد من المجموع الخضري أو المجموع الجذري وقد تفرزها البذور والثمار. ويتوقف تأثير هذه الإفرازات على تركيبها الكيميائي وحالتها وتركيزها في الوسط المحيط. ومن أمثلة ذلك المركبات الفينولية التي تفرزها أوراق الكافور *Eucalyptus* والتي تصل إلي التربة عن طريق غسل الأمطار للأوراق أو مع الأوراق المتساقطة على الأرض، وتؤدي هذه المركبات إلي ضعف نمو الأعشاب تحت أشجار الكافور وعلى مسافة قريبة منها، ويوجد بنبات الشيح المر *Artemisia absinthium* مواد مرة المذاق تسمى أبسنتين *Absintine* تفرزها غدد خاصة على سطح الأوراق

وتنتقل إلي التربة فتمنع نمو الكثير من النباتات العشبية بالقرب من نبات الشيخ المر. والأمثلة على الافرازات النباتية الضارة بنباتات أخرى عديدة، ولا تقتصر على النباتات الوعائية فقط بل تمتد إلي الكائنات الدقيقة المعروفة بإفرازها للمضادات الحيوية Antibiotics التي تؤثر على نمو كائنات دقيقة أخرى.

وقد يكون التنافس بين النباتات من خلال تأثيرها في الوسط البيئي الذي تعيش فيه، وينعكس ذلك على المجتمع النباتي مثل انخفاض شدة الضوء أو زيادة الرطوبة الجوية أو نقص ماء التربة أو التغير في شدة الرياح، ومن المعروف أن النباتات في أي مجتمع تكون ذات ارتفاعات مختلفة فالنباتات الطويلة تحجب الضوء عن النباتات الأقصر، والتظليل لا يعني خفض شدة الإضاءة فقط وإنما يشمل تغيير النظام الحراري والمائي وسرعة الرياح للنباتات المجاورة.

ثانياً: العلاقة بين النبات والحيوان

من دراستنا السابقة للنظم البيئية نعلم أن العلاقة بين النبات والحيوانات هي بالدرجة الأولى علاقة اعتمادية للحيوانات على النباتات، فالحيوانات هي الكائنات المستهلكة في النظام البيئي وتعتمد في غذائها على النباتات التي تمثل العناصر المنتجة للغذاء في النظام البيئي. وتوجد أربعة صور تؤثر من خلالها الحيوانات على النباتات، هي غذاء الحيوانات على النباتات، والمساعدة في عملية التلقيح، والمساعدة في انتشار البذور والثمار، وإنتاج المواد العضوية في التربة. إلا أن صور العلاقة بين النباتات والحيوانات تشمل أيضا غذاء بعض النباتات التي تعيش في بيئة فقيرة في محتواها من النيتروجين علي بعض الحشرات والحيوانات الدقيقة.

غذاء الحيوانات على النباتات

تتغذى الحيوانات الآكلة للعشب على النباتات، وبعض الحيوانات تفضل أنواعاً معينة من النباتات على أنواع أخرى. والنباتات المستحبة كغذاء بالنسبة للحيوان تسمى مستساغة Palatable أما الأنواع النباتية غير المستحبة للحيوانات فتسمى غير مستساغة Unpalatable، وقد تتغذى الحيوانات الآكلة العشب على نوع واحد من النباتات أو مجموعة من الأنواع المتقاربة، والنباتات التي تتغذى عليها الحيوانات تتفاوت في قيمتها الغذائية وغالباً ما يصيبها ضرر نتيجة قطع أجزائها الخضراء، ويعرف أكل الحيوانات المختلفة من الفقاريات للنباتات بالرعي Grazing، كما أن الكثير من الحشرات واللافقاريات تتغذى أيضاً على النباتات، والغالب أن الرعي والحشرات تلحق أضراراً بالنباتات، إلا أنها قد تسبب لها بعض المنافع، **ويمكن تلخيص أثر غذاء الحيوانات على النباتات فيما يلي:-**

أ- نقص مساحة المجموع الخضري الذي يقوم بعملية البناء الضوئي، الأمر الذي يؤدي إلي إضعاف النباتات، ولكن قلة حجم المجموع الخضري بالنسبة للمجموع الجذري قد تؤدي إلي زيادة كمية الماء الممتص بالنسبة للماء المفقود عن طريق النتح، وذلك يحسن التوازن المائي ويساعد النبات على مقاومة الجفاف، وفي المجتمعات النباتية الكثيفة قد يؤدي أكل الحيوانات لجزء من المجموع الخضري إلي زيادة معدل البناء الضوئي نتيجة لزيادة شدة الضوء.

ب- يؤدي الرعي الشديد للنباتات الحولية إلي اختفائها تماماً لأن الحيوانات قد تأكلها قبل تكوين البذور، أما النجيليات فتقاوم التأثير الضار الناتج عن الرعي لوجود ريزومات وبراعم عرضية تساعد على النمو الخضري مرة

أخرى بل إن الرعي المتوسط قد يؤدي إلي تنشيط نمو النجيليات. ويتفاوت الضرر الذي يصيب النباتات المعمرة حسب ارتفاعها، فالأشجار لا تضار إلا قليلاً في حين تتقزم الشجيرات الصغيرة وتبقى بدون أوراق، أما البادرات فيمكن أن يقضي عليها تماماً.

جـ- تلحق الحشرات والقوارض أضراراً بالغة بالنباتات نظراً لأعدادها الكبيرة، وقد تلتهم أوارق مساحات واسعة من الغطاء النباتي، كما أنها ، إضافة إلي أكلها الأجزاء الخضرية، تتغذى على أعضاء التكاثر؛ فكثيراً ما تلتهم القوارض البذور والثمار، كما أن الحشرات تلحق الضرر بالمبيض وحبوب اللقاح وبذلك فإن هذه الحيوانات تسبب انخفاض إنتاج النباتات من البذور وبالتالي تقليلَ أعدادها.

د- لا تتغذى الحيوانات على جميع الأنواع النباتية بل على الأنواع المستساغة فقط، وهذا يؤدي إلي تغيير تركيب المجتمع النباتي، رغم أنه قد لا يؤدي إلي انخفاض الإنتاجية النباتية في المجتمع، ففي الغابات المختلطة أصيبت أشجار البلوط بحشرة أدت إلي انخفاض إنتاج البلوط بنسبة ١٤%، ولكن نتيجة ازدياد شدة الضوء وانخفاض القدرة التنافسية للبلوط زاد إنتاج أشجار أخرى كالزيزفون *Tilia* والمران *Fraxinus*.

المساعدة في عملية التلقيح

عملية التلقيح Pollination هي نقل حبوب اللقاح من المتك إلي الميسم. وقد يكون هذا الانتقال في نفس الزهرة أو من زهرة إلي زهرة أخرى على نفس النبات أو في نبات مختلف، ويعرف الأخير بالتلقيح الخلطي وهو يؤدي — في رأي

علماء الوراثة – إلي تكوين أفضل البذور وأقواها، وهناك نباتات عديدة لابد أن يكون التلقيح فيها خلطياً وهي تشمل النباتات ذات الأزهار الوحيدة الجنس وكذلك الأزهار التي تنضج فيها المتوك والمياسم في أوقات مختلفة، كما تشمل كثيرًا من النباتات التي لا يحدث بها تلقيح ذاتي لوجود عوامل وراثية تسبب عدم التوافق الذاتي. والتلقيح الخلطي يتم بعدة وسائل منها الرياح والحشرات وأحياناً عن طريق الماء في النباتات المائية. والغالبية من النباتات ذات التلقيح الخلطي يتم فيها التلقيح بواسطة الحشرات ؛ ففي منطقة حوض البحر المتوسط وجنوب أوربا يتم التلقيح بواسطة الحشرات في ٨١-٨٤% من الأنواع النباتية، وفي شمال أوروبا تبلغ النسبة ٧٣%، وفي الدول الإسكندنافية ٦٥-٦٧%، أما في روسيا فإن التلقيح الخلطي بالحشرات يتم في ٧٥% من ذوات الفلقتين ولكنه يتم في ١٠% فقط من ذوات الفلقة الواحدة؛ حيث يتم التلقيح الخلطي في ٨٦% من هذه النباتات بواسطة الرياح.

تتميز أزهار النباتات حشرية التلقيح بحجمها الكبير وألوانها الزاهية ورائحتها الشذية وإفرازها لرحيق يجذب الحشرات إليها، وأهم الحشرات التي تقوم بعملية التلقيح هي نحل العسل والنحل الطنان والزنابير والفراش والخنافس، وفي بعض الحالات تتوثق العلاقة بين النبات والحشرة لدرجة أن يعتمد كل منهما على الآخر، ويحدد انتشار بعض الأنواع النباتية وجود الحشرة التي تنقل حبوب اللقاح بين أزهاره لإتمام عملية التلقيح، كما في بعض نباتات الفصيلة البقولية Fabaceae وفصيلة حنك السبع Scrophulariaceae، فعند نقل نوع البرسيم المسمي نبات النفل *Trifolium pratense* في أستراليا لم يعط بذوراً لعدم نقل حشرة النحل الطنان التي تقوم بعملية التلقيح في هذا النبات معه.

المساعدة في انتشار البذور والثمار

تنتهج أغلب النباتات أساليب مختلفة في طريقة نثر بذورها وانتشارها بما يضمن استقرارها في أماكن وظروف بيئية مواتية لإنباتها ونموها، ولكثير من النباتات تكيفات خاصة تساعدها في نثر بذورها مثل ترتيب الأزهار علي الساق وشكل الثمار وانتظام البذور بها وطريقة تفتحها لنثر البذور، وقد تتشابه أنواع الجنس الواحد أو الفصيلة الواحدة في طريقة تفتح الثمار وانتشار البذور كما في الفصيلة البقولية والخشخاشية، وهناك عدة عوامل تسهم في عمليات انتشار البذور وإنباتها ونمو النباتات الجديدة منها حسب طبيعة كل نبات، ويمكن لأنواع كثيرة من الحيوانات المساعدة في نقل بذور كثير من النباتات والعمل على انتشارها. وتعتبر مساعدة الحيوانات في نقل بذور النباتات بسبب تنقلها الدائم من التأثيرات النافعة للحيوانات على النباتات، ويتم انتشار بذور النباتات وثمارها بوساطة الحيوانات خارج جسم الحيوانات فيما يسمي Epizoochores أو داخل جسم الحيوان فيما يسمي Endozoochores.

أ- الانتقال خارج جسم الحيوانات

بعض النباتات تكون ثمارها مزودة بأشواك أو خطاطيف أو كلابات تعلق بجسم الحيوان مثل نبات الضريسة *Tribulus terrestris* أوتكون ذات سطوح لزجة كنبات الدبق *Viscum album* وبسبب حركة الحيوان فإن هذه الثمار تنتقل من مكان إلي آخر، الأمر الذي يساعد على انتشارها، كما أن بذور بعض الأنواع النباتية وثمارها تنتقل مع أقدام الحيوانات ومناقير الطيور، وخاصة تلك الطيور التي

تخزن ثمار النباتات وبذورها لفصل الشتاء، فبعض هذه الثمار والبذور تسقط أثناء نقل الطيور لها ومنها ما يفيض عن حاجة الطيور فتنمو لتغطي نباتات جديدة.

ب- الانتقال داخل جسم الحيوانات

تتغذى بعض الحيوانات على ثمار النباتات وتمر البذور بالقنوات الهضمية للحيوان وتخرج إلي التربة حيث تنبت وتنمو من جديد، والثمار التي تنتقل بهذه الطريقة تكون صالحة للأكل وذات ألوان جذابة وتكون البذور ذات قصرة سميكة تقاوم العصارات الهاضمة، وبالتالي تبقى محتفظة بقدرتها على الإنبات بعد خروجها من الجهاز الهضمي، بل أن العصارات الهاضمة قد تعمل على تليين أغلفة البذور فيصبح إنباتها أسرع، كما في الأكاشيا *Acacia* والفاكسينوم *Vaccinum*.

إنتاج المواد العضوية في التربة

يؤدي سير الحيوانات وانتقالها من مكان إلي آخر إلي زيادة فائدة البقايا النباتية عن طريق تقطيعها عند وطئها وطمرها في الطبقات السطحية من التربة، وتتحول هذه البقايا إلي مواد عضوية تساعد النباتات على النمو، كما أن الحيوانات تلقي بكميات كبيرة من البقايا العضوية، وبتحليل هذه البقايا وخلطها بالتربة نتيجة حركة الحيوانات تصبح التربة غنية بالمواد العضوية اللازمة لخصوبة التربة، فالبقايا العضوية للحيوانات غنية بالمواد النيتروجينية اللازمة لنمو النباتات.

النباتات آكلة الحشرات والحيوانات

النباتات آكلة الحشرات Insectivorous plants وآكلة الحيوانات Garnivorous plants هي نباتات تعيش في أراضي فقيرة في محتوي النيتروجين المتاح إلي اقتناص الحشرات كمصدر للغذاء وتحليلها بواسطة إنزيمات هاضمة. ولهذه

النباتات أوراق متحورة في أشكال مختلفة لتلائم اقتناص الحشرات، ومن هذه النباتات **نذكر الأمثلة التالية**:-

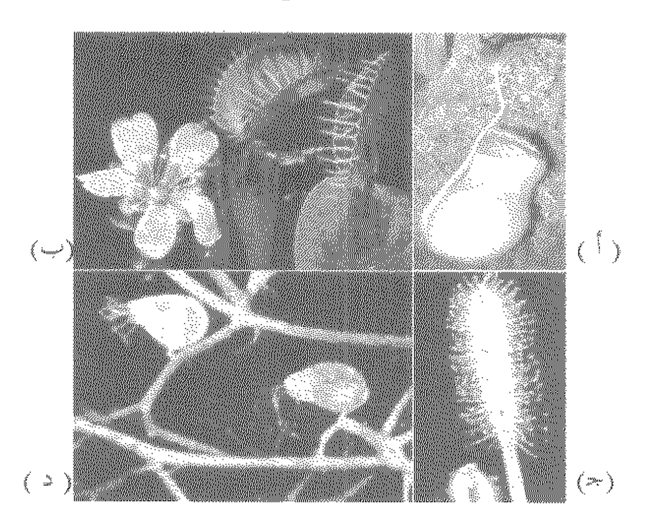
١- القدر (النيبنثيس) *Nepenthes* لهذا النبات (**شكل ٣-١٢أ**) أوراق ذات عنق يشبه القدر أو الإبريق يحوي رحيق حلو المذاق يجذب الحشرات، وعندما تزور الحشرات هذه الأوراق للحصول علي الرحيق تسقط في القدر ويتعذر عليها الخروج منه، ويرجع ذلك أيضا إلي أن الجدار الداخلي للقدر مغطي بمادة شمعية تنزلق عليها رجول الحشرة فتبقي في قاع القدر حتي تتحلل بفعل إنزيمات هاضمة ثم تمتص أنسجة الأوراق نواتج التحلل.

٢- الديونيا *Dionaea* لنصل أوراق هذا النبات نصل يتكون من صمامين ذوي حواف شوكية يتحركان علي طول العرق الوسطي للورقة (**شكل ٣-١٢ ب**)، ويوجد علي سطح الأوراق شعيرات خاصة، وعندما تلامس الحشرات سطح الورقة تنطبق عليها الصمامان بسرعة فائقة وتمنعاها من الهرب ثم تفرز الأوراق إنزيمات تهضم الحشرات ثم تمتص أنسجتها نواتج التحلل.

٣- الدروسيرا *Drosera* تتغطي أوراق هذا النبات بشعيرات كثيفة تتكون من أعناق تنتهي بغدد تفرز مادة لزجة تحتوي علي إنزيمات هاضمة (**شكل ٣-١٢ج**)، وعند سقوط الحشرات علي سطح الورقة تلتصق بالمادة اللزجة ثم تحيط بها الشعيرات حتي تغطي جسمها ثم تحللها الإنزيمات إلي مواد يسهل امتصاصها.

٤- حامول الماء *Utricularia* يعيش هذا النبات (**شكل ٣-١٢د**) في الماء وله تراكيب خاصة تشبه الأكياس تسمي مثانات Bladders لكل منها فتحة محاطة بشعيرات تساعد في اقتناص الحيوانات المائية الدقيقة، فعندما تلامس

هذه الحيوانات شعيرات فتحة المثانة يندفع إليها الماء ساحباً معه الحيوانات ثم تغلق الفتحات وتتحلل الحيوانات الدقيقة داخل المثانات بفعل إنزيمات تفرزها شعيرات متشعبة توجد في السطح الداخلي للمثانة.



شكل ٣-١٢: صور فوتوغرافية لأربعة من النباتات آكلة الحشرات والحيوانات؛ (أ) القدر، (ب) الديونيا، (جـ) الدروسيرا، (د) حامول الماء.

الفصل السادس

تأقلم النباتات مع عوامل البيئة

من المعلوم أن النباتات تتأقلم مع ظروف الوسط البيئي الذي تعيش فيـــه، وقد سبقت الإشارة أن النباتات تصنف تبعاً لكمية الماء والرطوبة في التربة التي تنمو بها إلي نباتات وسطية ونباتات جفافية ونباتات مائية ونباتات ملحية. ومن المعلوم أن النباتات الجفافية قد تأقلمت علي النمو في وسط بيئي جاف بحيث أصبحت قادرة على الحفاظ على توازن مائي مناسب لها، ولا يسبب الماء مشكلة للنباتات المائيـــة ولكن كمية ثاني أكسيد الكربون والأكسجين تكون هي العوامل المحـــددة لنمـــو النباتات حيث أن تركيز هذين الغازين يكون أقل في الماء عنه في الهـــواء، وتلعـــب ملوحة التربة دور مهم في التوازن المائي بين النبات وماء التربة، لذلك نجد أن لكل مجموعة من هذه النباتات تكيفاها الخاصة للتأقلم مع الوسط الذي تعيش فيه بطرق متعددة تضم تكيفات مورفولوجية وتشريحية وفسيولوجية.

النباتات الجفافية

تنتشر النباتات الجفافية Xerophytes في المنـــاطق الـــصحراوية وشـــبه الصحراوية حيث يقل المحتوي المائي للتربة كما تقل غالبا الرطوبة النـــسبية في الهواء ولما كانت درجة الحرارة في تلك المناطق تكون مرتفعة يمكن القـــول أن الجفاف في تلك المناطق ظاهرة طبيعية. وتتميز المناطق الجافة بندرة الأمطار وقلة كمياتها وموسميتها فضلا عن هطولها على شكل رخات لوقت قـــصير ويـــضيع معظم مائها بالانسياب السطحي فلا تستفيد منه التربة بسبب تبخـــره نتيجـــة ارتفاع درجة الحرارة.

تنمو النباتات الجفافية متباعدةً تفصلها مسافات واسعة لتقليل المنافسة بينها وتنتشر جذورها بحثاً عن الماء الشحيح في التربة، وقد تكون جذورها عميقة النمو للوصول إلي مستوي الماء الجوفي أو شديدة التفرع قليلة العمق لامتصاص ماء المطر حين يبلل الطبقات السطحية من التربة.

أقسام النباتات الجفافية

تختلف النباتات الجفافية في أشكالها وسبل تأقلمها مع ظروف الجفاف وتنقسم النباتات إلي عدة مجموعات هي النباتات العصارية والنباتات الجفافية القاسية، والنباتات المعمرة بتراكيب أرضية والحوليات الصحراوية.

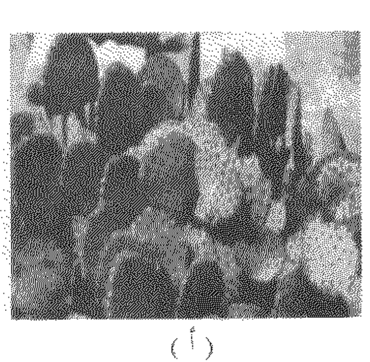
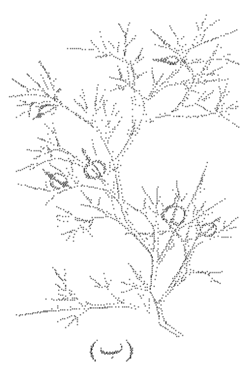
النباتات العصارية

النباتات العصارية Succulents هي نباتات غضة متشحمة السيقان أو الأوراق تتميز بادخارها للماء في أنسجة خاصة؛ فمنها ما يختزن الماء في أوراق غضة مغطاة بأدمة سميكة وطبقة شمعية كالحَرْمَل *Peganum* والعشار *Calotropis* والصبار *Aloe*، أو في أوراق عصارية كالرطريط *Zygophyllum*، ومنها ما يدخر الماء في سيقان عصارية خضراء تقوم بعملية البناء الضوئي بينما تتحور الأوراق إلي أشواك كما في التين الشوكي *Opuntia* (**شكل ٣-١٣**أ).

النباتات الجفافية القاسية

تضم النباتات الجفافية القاسية Sclerophytes شجيرات معمرة Perennials تتميز بأوراقها الصغيرة لتقليل الفقد المائي؛ ومنها نباتات تأقلمت مع الجفاف بتحوير أوراقها أو أطراف سيقانها إلي أشواك كالعاقول *Alhagi* والسلة *Zilla* أو بتقليل عدد أوراقها وتصغير حجمها مثل الأكاشيا *Acacia*، وهو من النباتات

المنتشرة في الصحاري العربية ومنه الطلح والسيال وهي أنواع من الأكاشيا تنمو على جوانب وديان الصحراء الجافة (**شكل ٣-١٣ب**) وقد تكون عديمة الأوراق مثل الأثل *Tamarix* والوزال *Spartium* والرتم *Retama*، تتميز بعض هذه النباتات بتساقط أوراقها تدريجيا مثل الشيح *Artemisia* أو بالتفاف حوافها نحو سطحها الذي تكثر به الثغور كما تكون الثغور غائرة كما في قصب الرمال *Ammophila* والفستوكا *Festuca* والصمعاء *Stipa*.

(أ) (ب)

شكل ٣-١٣: صورة فوتوغرافية لنبات التين الشوكي من النباتات العصارية (أ)، ورسم تخطيطي لفرع من نبات السلة من النباتات الجفافية القاسية (ب).

النباتات المعمرة بالأجزاء الأرضية

بعض النباتات الجفافية ذات تراكيب أرضية تساعدها علي التكيف مع ظروف الجفاف كالأبصال والكورمات والريزومات، وهي من النباتات المعمرة التي تنمو و تنتعش وتزهر عقب موسم الأمطار، إلا أنها سرعان ما تزوى مرة أخرى فتجف أجزاؤها الخضرية إلا أن أجزاءها الأرضية وبراعمها الكامنة تبقي حية لتعاود النمو مرة أخرى عقب موسم المطر التالي، وغالبا ما يحمي هذه الأعضاء حراشيف

أو أوراق جافة أو غطاء فلليني بما يحول دون فقدها للماء، وعندما تصبح الظروف البيئية ملائمة بعد إنتهاء فصل الجفاف تنمو البراعم الكامنة لتكوين أعضاء خضرية جديدة. ومن أمثلة هذه النباتات أنواع من بصل العنصل *Asphodelus* والبنكريشيام *Pancratium* والبصل *Allium*.

الحوليات الصحراوية

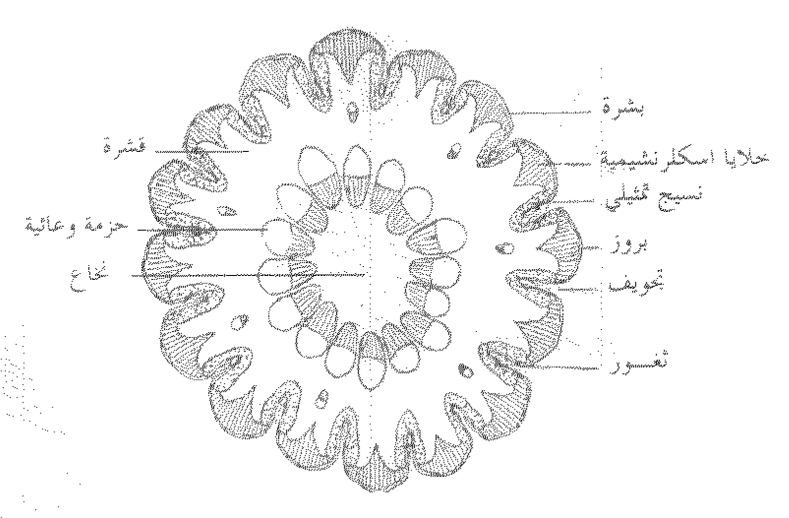
الحوليات الصحراوية Desert ephemerals هي أعشاب صغيرة الحجم تنبت بذورها فور سقوط المطر ويقتصر نموها على موسم الأمطار فتنمو وتزهر وتتم دورة حياتها في فترة قصيرة ثم تختفي بعد أن تترك بذورها في التربة لموسم الأمطار التالي، ولا تبدي الحوليات الصحراوية تكيفات جفافية مستديمة وربما تكون الملاءمة الوحيدة لظروف الجفاف سرعة نمو هذه النباتات وإكمال دورة حياتها في فترة وجيزة للهروب من ظروف الجفاف بعد موسم المطر.

التكيفات التشريحية والفسيولوجية للنباتات الجفافية

من الناحية التشريحية فإن النباتات الصحراوية ذات خلايا صغيرة الحجم سميكة الجدر، إذا قورنت بالنباتات الوسطية، تزداد بها التغلظات الثانوية في الطبقات الخارجية كما تغطي سطوح أوراقها ثغور غائرة وشعيرات كثيفة لإبعاد تيارات الهواء، الأمر الذي يقلل من فقد النبات للماء. وللتعرف علي الخصائص التشريحية للنباتات الجفافية يجدر بنا وصف قطاعات مستعرضة في ساق نبات الرتم وقطاع في أوراق نبات قصب الرمال.

نبات الرتم من النباتات المنشرة كثيراً في الصحاري العربية وينتمي إلي الفصيلة البقولية من ذوات الفلقتين، وهو من النباتات عديمة الأوراق تقوم

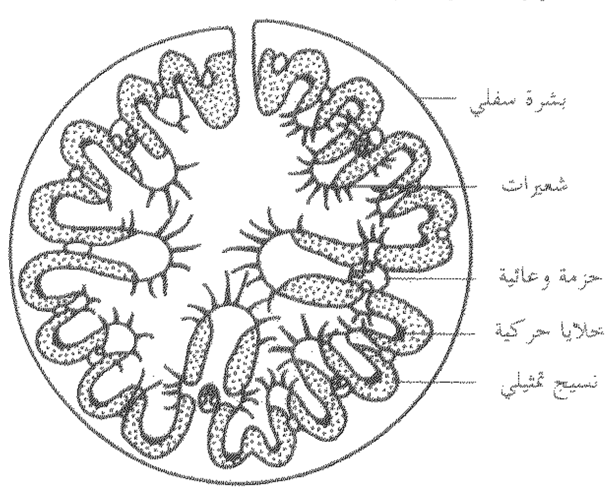
أطراف سيقانه بوظيفة البناء الضوئي بديلا عن الأوراق. وعند فحص قطاع عرضي لساق الرتم (**شكل ٣- ١٤**) يتبين وفرة خلايا اسكلرنشيمية مغلظة الجدر في بروزات تحت البشرة بينما توجد الثغور في تجاويف توجد بها خلايا بارنشيمية وتمثيلية رقيقة الجدر تحوي البلاستيدات الخضراء، وتحمي الثغور وفتحات التجاويف شعيرات كثيفة تساعد على تقليل النتح وإضعاف أثر تيارات الهواء. وتوجد في وسط القطاع صف من الحزم الوعائية المفتوحة مرتبة في حلقة كما في سيقان النباتات الوسطية من ذوات الفلقتين.



شكل ٣-١٤: رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ساق الرتم.

أما نبات قصب الرمال فهو من نباتات الفصيلة البواسية (النجيلية) Poaceae من ذوات الفلقة الواحدة، وعند فحص التركيب التشريحي لورقة نبات قصب الرمال (**شكل ٣-١٥**) يتبين التفاف سطح الورقة العلوي التي تضم الثغور

إلي الداخل بينما تكون الطبقة السفلي خالية من الثغور ومغطاة بأدمة سميكة، يضم الجزء العلوي من الورقة بروزات وتجاويف تنتظم علي جوانبها نسيج تمثيلي من خلايا بارنشيمية رقيقة الجدر تحتوي علي بلاستيدات خضراء وتوجد في كل بروز حزمة وعائية مغلقة كتلك التي تميز النباتات الوسطية من ذوات الفلقة الواحدة، وتشاهد عند قاع التجاويف خلايا مفصلية تعمل علي بسط التفاف الورقة عندما يقل الجفاف وتزداد رطوبة الهواء.



شكل ٣-١٥: رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ورقة قصب الرمال.

أما عن التكيفات الفسيولوجية التي تساعد النباتات الجفافية علي التأقلم مع ظروف الجفاف فإنها تضم عدة آليات تحفظ لتلك النباتات توازنها المائي بما يجعلها تقاوم الذبول عن طريق زيادة الضغط الأسموزي وذلك يرفع قدرتها علی امتصاص الماء ومقاومة فقده بتقليل معدل النتح، فقد أثبتت بعض التجارب أن

النباتات الجفافية تعاني من الذبول عندما تفقد ٨-٢٥% من محتواها المائي مقارنة بنسبة ٢% في النباتات الوسطية. ويمكن إرجاع الآليات الفسيولوجية لتأقلم النباتات الجفافية **إلي عاملين هما**:-

١- ارتفاع نسبة ما يسمي بالماء المقيد Bound water في خلاياها وهو الماء المرتبط بقوة بالمواد الغروية في عصير الخلايا ولايتبخر تحت تأثير عوامل التبخر الجوية، وذلك الماء يجعل البروتوبلازم في حالة تميؤ تحفظ له حيويته وتقيه شر الجفاف.

٢- زيادة الضغط الأسموزي Osmotic potential للعصير الخلوي نتيجة تقييد جزء من الماء بالخلايا وارتباطه بالمواد الغروية بما يحول دون اشتراكه في إذابة المواد القابلة للذوبان في العصير، ويساعد الضغط الأسموزي المرتفع علي تقليل النتح كما يبدو أنه يزيد من امتصاص النبات للماء من التربة.

النباتات المائية

النباتات المائية Hydrophytes (Aquatic plants) هي نباتات تنمو كليا أو جزئيا في الماء تعيش في البحيرات العذبة وجوانب الأنهار والترع والمصارف والأراضي الرطبة والمشبعة بالماء، والقليل منها تعيش في الماء المالح لكنها تصنف ضمن النباتات الملحية. ولما كان الوسط الذي تعيش فيه النباتات المائية متجانس فإنها تبدي تكيفات قليلة للتأقلم إذا ما قورنت مع النباتات الجفافية، وتتمثل التكيفات التركيبية التي تتميز بها النباتات المائية في تأقلمها للحياة في الماء في تحورات تجعلها قادرة في وفرة الماء ونقص الأكسجين اللازم للتنفس.

أقسام النباتات المائية

جرت العادة علي تقسيم النباتات المائية إلي ثلاث أقسام هي نباتات مغمورة ونباتات طافية ونباتات برمائية.

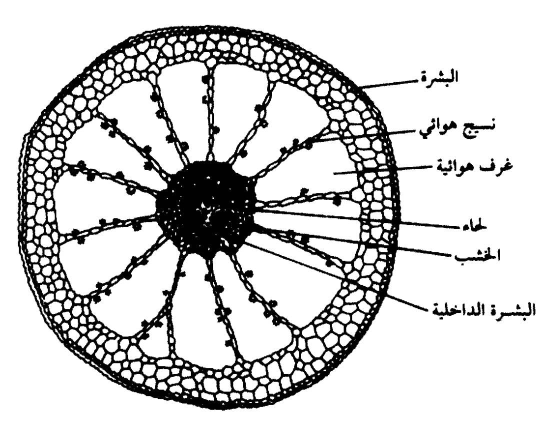
النباتات المغمورة

النباتات المغمورة Submerged plants هي نباتات تنمو مغمورة كليا في الماء مثل الإلوديا *Elodea* ونخشوش الماء *Ceratophyllum* ولسان البحر *Potomogeton* والميريوفيللم *Myriophyllum*، وهي نباتات ذات أوراق رقيقة صغيرة الحجم أو مجزأة إلي أجزاء صغيرة لمقاومة التيارات المائية وزيادة سطح إمتصاص الماء، ولا يوجد علي سطحها ثغور وإنما يتم التبادل الغازي من خلال طبقة خلايا البشرة الرقيقة الغير مغلظة، كما أنها لا تتميز إلي نسيج عمادي ونسيج اسفنجي كما في النباتات الوسطية.

ولا تحتوي سيقان النباتات المغمورة علي أنسجة دعامية كما أن الأنسجة التوصيلية بها تكون مختزلة، ويوضح فحص قطاع عرضي في ساق الميريوفيللم (**شكل ٣-١٦**) أنه يتكون من بشرة خارجية رقيقة غير مغلظة تليها قشرة واسعة من خلايا بارنشيمية تكثر بها أنسجة وغرف هوائية تساعد النبات علي الطفو وتنتهي ببشرة خارجية تحيط باسطوانة وعائية تتكون من لحاء للخارج وخشب للداخل.

أما جذور النباتات المغمورة فهي قليلة العدد صغيرة الحجم قليلة التفرع يوجد بها القليل من الشعيرات، يقتصر دورها علي تثبيت النبات في القاع ولا تساهم إلا بقدر ضئيل في إمتصاص الماء والأملاح حيث أن الماء يخترق جسم

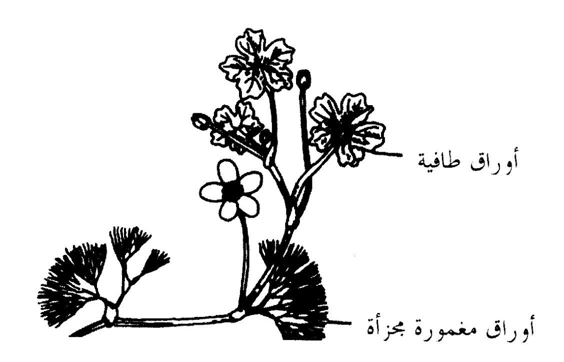
النبات المغمور من خلال بشرة الأوراق والسيقان، وفي بعض النباتات كما في نخشوش الحوت تنعدم الجذور تماما.



شكل ٣-١٦: رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ساق الميريوفيللم.

النباتات الطافية

النباتات الطافية Floating plants هي نباتات تطفو أوراقها وأزهارها علي سطح الماء وتثبت نفسها في الماء بواسطة جذور قوية. ولبعض النباتات الطافية أوراق كبيرة منبسطة علي سطح الماء مثل بشنين الماء *Nymphaea* وياسنت الماء (ورد النيل) *Eichornia*، ولبعضها الآخر أوراق مغمورة مجزأة وأوراق طافية منبسطة مثل شقيق الماء *Ranunculus aquatilis* (**شكل ٣-١٧**) كما أن بعض النباتات الطافية لا تكون مثبتة في القاع مثل أنواع فصيلة عدس الماء Lemnaceae.



شكل ٣-١٧: رسم تخطيطي لنبات شقيق الماء

من الناحية التشريحية تتميز الأوراق الطافية ببشرة عليا مغطاة بأدمة تكسوها طبقة شمعية تمنع تبلل الأوراق وتوجد بينها ثغور تبقي مفتوحة دائما تليهـــا بـــضع طبقات من خلايا عمادية تحوي بلاستيدات خضراء ثم نسيج اسفنجي مفكك بـــه غرف هوائية واسعة تفصلها حواجز رقيقة، أما الحزم الوعائية فهي بسيطة التركيب. وتتكون سيقان النباتات الطافية من قشرة واسعة من خلايا بارنشيمية يليها أسطوانة وعائية كبيرة بها العديد من الحزم الوعائية تحيط بها طبقة محيطية من صف واحد من الخلايا كما في جذور النباتات الوسطية.

النباتات البرمائية

تنمو النباتات البرمائية Amphibious plants في المياة الضحلة علي جـــسور الأنهار والبحيرات وفي مستنقعات المياة العذبة، وهي نباتات لها جذور مثبتة في القاع، وللكثير منها سيقان أرضية كالريزومات أو الدرنات مثل الـــدبس (البـــوط) *Typha* والغاب *Phragmites* وأنواع من السعد مثل البردي *Cyperus papyrus*، وهي مهيأة

للحياة جزئيا في الماء إلا أنها أقل النباتات المائية تخصصاً وملاءمة للحياة في الماء، إذ أن لجذورها الصفات المعتادة للنباتات الوسطية التي تعيش في الأراضي الرطبة.

النباتات الملحية

من المعروف أن النباتات تختلف في درجة تحملها للملوحة، فالنباتات الوسطية Mesophytes تنمو في بيئة وسطية ولا تتحمل وجود الأملاح في ماء التربة، أما النباتات التي تنمو في بيئة بها قدر من الأملاح فتسمي نباتات ملحية Halophytes، وتستطيع بعض النباتات الحياة في البيئة الوسطية وبيئة مالحة وتسمي نباتات ملحية اختيارية Facultative halophytes، ونباتات تفضل الحياة في تربة بها قدر كبير من الأملاح وتسمي النباتات الملحية الحقيقية Euhalophytes. ولما كان الوسط الذي تعيش فيه النباتات الملحية به نسبة عالية من الأملاح بما يسبب زيادة الضغط الأسموزي في التربة فإن الفرق في الضغط الأسموزي بين محلول التربة والعصير الخلوي في أنسجة النباتات الملحية يقلل من قدرة الجذور على امتصاص الماء من التربة، ومن ثم نجد أن كثير من النباتات الملحية تتميز باحتواء خلاياها علي قدر كبير من الماء.

تعيش النباتات الملحية في أراضي ملحية قد تكون جافة كما في بعض المنخفضات الصحراوية، وبعضها تعيش في تربة مشبعة بالماء، قد تكون مغمورة تماما كما في مستنقعات المانجروف التي يعيش فيها نبات ابن سينا (الشورة) *Avicinia marina* علي شواطئ البحار في المناطق المدارية، أو في منخفضات قريبة من البحار تتشبع تربتها بماء البحر وتسمي مستنقعات ملحية شاطئية Coastal (Littoral) salt marches، كما توجد مستنقعات ملحية بعيدة عن تأثير البحر تسمي المستنقعات الملحية الداخلية Inland salt marches غالبا ما تكون مجاورة لبحيرات أو برك تكونت في

منخفضات نتيجة تجمع الماء بالإنسياب من عيون سطحية أو مياة جوفية قريبة وزادت بها نسبة الأملاح نتيجة تبخر الماء.

وسواء كانت المستنقعات شاطئية أو داخلية فإنها تتكون من ثلاث مناطق، الأولي علي حواف البحيرة أو المسنقع وتربتها مغمورة بالماء بصفة دائمة وتسودها نباتات المستنقعات القصبية، تتاخمها منطقعة مسنقعات رطبة تليها منطقة مستنقعات جافة تعيش فيها نباتات كتلك التي تنمو في المنخفضات الصحراوية.

تختلف النباتات االملحية في أشكالها وسبل تأقلمها، وتبعا للطريقة التي تستطيع بها النباتات الملحية التأقلم مع الملوحة **تنقسم إلي أربعة مجموعات هي**:-

١- نباتات تقوم باستبعاد الأملاح Salt exclusive halophytes وهي نباتات مائية تطورت بها آليات تمنع دخول الأملاح الذائبة في الماء ومن أمثلتها نبات الشورة.

٢- نباتات طاردة للأملاح Salt excretive halophytes وهي نباتات توجد في أوراقها أو سيقانها غدد خاصة لإفراز الأملاح الزائدة ومن أمثلتها الأثل *Tamarix* والقطف *Atriplex* والمليح *Cressa*.

٣- نباتات مختزنة للأملاح Salt cumulative halophytes وهي نباتات تقوم بتخزين الأملاح الممتصة الزائدة في أجزاء خضرية تذبل وتموت عندما ترتفع بها نسبة الملاح ومن أمثلتها نبات السمار (الأسل *Juncus*.

٤- نباتات عصيرية Succulent plants وهي نباتات تمتص قدر كبير من الماء وتختزنه في أوراقها أو سيقانها لتخفيف تركيز الأملاح في عصير الخلايا ومن أمثلة هذه النباتات الشناق *Arthrocnemum* والحطب الحضادي *Halocnemum* والرطريط *Zygophyllum* والسويدة *Suaeda*.

الباب الرابع

موضوعات علم البيئة التطبيقية المعاصرة

الفصل الأول: **الإنسان و البيئة عبر العصور**

الفصل الثاني: **الموارد الطبيعية و طرق حمايتها**

الفصل الثالث: **التنوع الحيوي و المحميات الطبيعية**

الفصل الرابع: **التصحر، أسبابه و سبل مكافحته**

الفصل الخامس: **تلوث البيئة و سبل التخلص منه**

الفصل السادس: **الإحتباس الحراري**

الفصل الأول

الإنسان و البيئة عبر العصور

نظريات حول علاقة الإنسان بالبيئة

استخلف الله الإنسان الأرض وأمره أن يمشي في مناكبها ويأكل من رزقها، ومنذ استوطن الإنسان الأرض وهو يستغل مواردها لسد حاجاته الأساسية التي تباينت على مر العصور بتباين البيئة التي يعيش فيها، وقد أخذت علاقة الإنسان بالبيئة على الأرض صوراً متعددة على مر العصور، ففي بداية حياة الإنسان على الأرض كانت استجابته للبيئة سلبية؛ إذ وقف الإنسان البدائي عاجزاً أمام الطبيعة ولم يستطيع تطويع بيئته لرغباته؛ إذ كان جهده متوقفاً على ما تجود به نباتات الأرض من ثمار، وما يستطيع الإنسان صيده من حيوانات، وبمرور الزمن تحولت استجابة الإنسان إلي استجابة تأقلمية مع بيئته رغم أن البيئة كانت ذات الأثر الأكبر على الإنسان، وفي تلك الفترة اشتغل الإنسان بالزراعة وعرف الاستيطان وحفر الآبار لتوفير المياة للري.

ثم تطورت استجابة الإنسان مع البيئة إلي استجابة إيجابية تمثلت في محاولة الإنسان التغلب على صعوبات البيئة وتحدياها للحصول على احتياجاته، وفي تلك الفترة من الزمان اشتغل بالزراعة المنتظمة في أرض الحضارات القديمة وبصفة خاصة في وادي النيل في مصر، وهي حرفة تُبرز إمكانيات الإنسان وقدراته على استغلال موارد البيئة، كما قام باستئناس الحيوانات والرعي وأنشأ بعض الصناعات البدائية. وفي العصر الحديث تسمى استجابة الإنسان مع البيئة استجابة إبداعية؛ إذ ابتكر طرقاً ووسائل عدة للتغلب على صعوبات البيئة وتسخير مواردها من أجل حاجاته

بل ورفاهيته، ومن ثم عمل بالصناعة وهي بلا شك حرفة تحتاج إلي الابتكار والإبداع، ولاشك أن التقدم الصناعي الذي نراه اليوم يؤكد سيطرة الإنسان على البيئة وتطويعها لمصلحته في مجالات متعددة.

وقد ظهرت منذ القرن التاسع عشر عدة نظريات للتعبير عن طبيعة العلاقة بين الإنسان والبيئة **يمكن إيجازها في ثلاث نظريات أساسية هي:-**

نظرية الحتمية البيئية

ظهرت نظرية الحتمية البيئية Determinism في القرن التاسع عشر وهي أولي النظريات التي وضعت أسس علمية عن علاقة الإنسان بالبيئة، وترجح نظرية الحتمية البيئية أن الإنسان هو نتاج بيئته؛ يتأثر بها كثيراً ويعيش على ما تجود به من موارد دون أن يكون له تأثير عليها. ويرى بعض رواد هذه النظرية أن ثمة علاقة بين البيئة وطبائع الشعوب وعاداتهم فمن رأيهم أن البيئة هي التي ترعى الإنسان وتوجه أفكاره وتحدد نشاطه، فكل شيء، في رأيهم، يخضع للبيئة الطبيعية.

نظرية الإمكانية البيئية

ظهرت خلال القرن العشرين آراء تقول: إن علاقة الإنسان بالبيئة تحددها إمكانيات الإنسان وقدراته على استغلال المصادر البيئية، وهذه الآراء تعرف بنظرية الإمكانية البيئية Possibilism، ويرى أصحابها أن البيئة تقدم للإنسان عدداً من الاختيارات وأنه يختار منها ما يناسب قدراته وإمكانياته وأهدافه وطموحاته وتقاليده. فالإنسان من وجهة نظر رواد هذه النظرية هو سيد البيئة والمسيطر عليها وهو الذي يحدد نمط استغلال مواردها. وعلى النقيض من أصحاب نظرية الحتمية يقول أصحاب نظرية الإمكانية: لو أن البيئة هي العنصر الحاكم في أنشطة الإنسان لتشابهت الأنشطة البشرية في البيئات الطبيعية المتشابهة وهذا أمر غير قائم،

ويعضدون رأيهم بأن الإنسان قد ظهرت بصماته على البيئة بإقامة السدود وحفر الترع والأنهار وشق الطرق وإقامة المصانع واستنباط سلالات جديدة من النباتات والحيوانات، ولا شك أن هناك شواهد كثيرة تؤيد وجهة نظر أصحاب نظرية الإمكانية، منها التقدم الصناعي والحضاري لبلدان فقيرة الموارد الطبيعية كاليابان وبعض دول غرب أوروبا وجنوب شرق آسيا.

نظرية التوافقية أو الاحتمالية البيئية

الواقع أن العلاقة بين الإنسان وبيئته ليست حتمية مطلقة ولا إمكانية مطلقة. ومن هنا نشأت فكرة التوافقية أو الاحتمالية Probabilism التي ينادي بها علماء البيئة المعاصرون، ويرى أصحاب هذه المدرسة الفكرية أن دور البيئة الطبيعية يتعاظم في بعض البيئات في مواجهة الإنسان، حيث تكون البيئة صعبة وقدرات الإنسان محدودة في حين يتعاظم دور الإنسان في بيئات أخرى في مواجهة صعوبات البيئة الطبيعية وتحدياتها. فالبيئات المختلفة ليست ذات تأثيرات متماثلة على الإنسان، كما أن الإنسان من واقع ثقافته ودرجة تحضره ليس له تأثير واحد في كل البيئات، فالبيئات المختلفة تتباين في استجابتها لجهد الإنسان، فهناك البيئة الصعبة التي تحتاج إلي جهد كبير وتقدم علمي من جانب الإنسان وهناك البيئة السهلة التي تستجيب لجهد الإنسان، وبين هذه وتلك هناك بيئات تتفاوت في درجة استجابتها لما يبذله الإنسان من جهد في سبيل استغلال مواردها، ومن هنا يمكن القول إنه إذا اقترنت بيئة صعبة مع إنسان سلبي فإن الحتمية البيئية تبرز بشكل واضح، ومن ثم تحدد البيئة علاقة الإنسان بها، وإذا اقترنت بيئة سهلة مع إنسان إيجابي فإن الإمكانية تبرز بشكل واضح، وعلى ذلك فإن علاقة الإنسان بالبيئة تحدد على أساس طبيعة البيئة من ناحية وقدرة الإنسان من جهة أخرى.

أثر البيئة على الإنسان

تختلف البيئة الطبيعية من منطقة إلى أخرى تبعاً لمكوناتها الفيزيائية، ويمكن تمييز بيئات مختلفة حول العالم تمثل نظماً بيئية مختلفة أهمها الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forest ومنطقة أراضي الحشائش Grassland والغابات المعتدلة متساقطة الأوراق Temperate deciduous forests ومنطقة التايجا Taiga في المناطق الباردة الشمالية ومنطقة التندرا Tundra عند القطبين الشمالي والجنوبي، والصحاري Deserts وهي تغطي جزءًا كبيرًا من اليابسة وبصفة خاصة في أفريقيا وآسيا وأستراليا، كما يمكن تمييز البيئات من حيث المناخ فهناك البيئة الحارة والمعتدلة والباردة وهناك البيئات الرطبة والجافة ...إلخ. ولاشك أن عناصر البيئة مثل الموقع والتضاريس والتربة والمناخ تؤثر بدرجة كبيرة على استجابة الإنسان للبيئة وقدرته على استغلال مواردها للوفاء بمتطلباته، ويجدر بنا تبيان أثر البيئة على الإنسان من خلال **أثر مكونات البيئة على النحو التالي:-**

١- الموقع الجغرافي

يساعد الموقع الجغرافي المفتوح الذي يطل على البحار والمحيطات الإنسان على إبراز إمكانياته في استغلال الموارد البيئية، فهذا الموقع يوفر فرصة أفضل لنشاط الإنسان مثل الصيد البحري والنشاط التجاري وبناء السفن وسهولة الاتصال بالعالم الخارجي، كما يساعد على إيجاد حالة من التنافس تدفع الإنسان إلى مزيد من النشاط للحصول على موارد جديدة، كما يساعد أيضا على التعاون والمشاركة، أما الموقع الحبيس الذي لا يطل على البحار فإن الإنسان يركز فيه على إشباع حاجاته من البيئة المحلية ويُحرم من الدخول في المنافسة أو التعاون، مثل هذا الموقع قليل

الأهمية يقنع الإنسان فيه بالحياد السلبي وقد تنشأ بين سكانه بعض الصراعات المحلية على الموارد الطبيعية كمصادر المياة ومناطق المراعي.

٢- التركيب الجيولوجي

التركيب الجيولوجي للبيئة هو الصور التكوينية التي أسهمت في بنائها، وهذا يعرف ببنية البيئة الأساسية، وتختلف الصور التكوينية من بيئة إلي أخرى وتؤثر في حياة الإنسان بعدة صور، فالبيئة الغنية بالمعادن ومصادر الطاقة توجه نشاط الإنسان نحو الاشتغال بالتعدين وإنتاج مواد الطاقة وما يترتب على ذلك من أنشطة، كما أن طبيعة الصخور والمعادن في الأرض تحدد قدرتها على اختزان الماء الأرضي، كما تفرض عليه الالتزام بمواصفات خاصة عند إقامة المدن الجديدة والتجمعات الصناعية وبناء السدود لاختزان المياة بما لا يؤثر علي التركيب الجيولوجي للبيئة.

٣- التضاريس

التضاريس هي أشكال سطح الأرض، وتتفاوت بين الجبال والهضاب والسهول والوديان، وتحدد التضاريس نشاط الإنسان في البيئة، فعلى قمم الجبال والمرتفعات يقل الاكسجين وتنخفض الحرارة وكذلك الضغط الجوي بما يفقد هذه البيئة الكثير من مقومات حياة الإنسان، كما أن انحدار التضاريس ووعورتها تعوق الإنسان عن الاستغلال الأمثل لموارد الطبيعة، فالانحدار الشديد لسفوح الجبال يؤدي إلي انسياب الأمطار ويحد من استعمال الآلات الزراعية ويعوق إنشاء الطرق، أما بيئة السهول والمنخفضات فتكون سهلة الاستغلال؛ حيث تتيح للإنسان فرصة التوسع الأفقي وإقامة المستوطنات الزراعية واستخدام الآلات الزراعية وإنشاء المجمعات الصناعية إذا كانت موارد البيئة الأخرى تساعد على ذلك، وبرغم ذلك فإن بيئة الجبال والمرتفعات قد يتوافر بها مساقط مائية يستغلها

الإنسان في توليد الطاقة وقد يكون الطقس بها معتدلاً فتناسب السياحة والترفيه كما أنها قد تكون غنية بالمعادن.

٤- التربة

التربة هي المصدر الرئيسي للغذاء النباتي ومن ثم الحيواني، وتختلف التربة في البيئات المختلفة من حيث تركيبها الميكانيكي وصفاتها الفيزيائية وخصائصها الكيميائية ومحتواها المائي ودرجة خصوبتها، وذلك يؤثر في توجيه نشاط الإنسان في احتيار محاصيل زراعية دون غيرها أو استخدام أسلوب بعينه في الزراعة، أو إضافة مخصبات إلي التربة الفقيرة لرفع طاقتها الإنتاجية، كما يفرض عمق التربة نمط الزراعة ونوع النباتات التي يمكن للإنسان زراعتها بها.

٥- المناخ

من المعروف أن مناخ أي منطقة هو محصلة جملة عناصر أهمها الحرارة ووفرة الماء والرياح والتضاريس، وهذه العوامل تتأثر بعوامل أخرى، الأمر الذي يجعلها تتباين تبايناً شديداً من بيئة إلي أخرى، ومن ثم تنشأ الأقاليم أو البيئات المناخية كالبيئة الإستوائية أو المدارية والبيئة الجافة أو الصحراوية والبيئة المعتدلة والبيئة الباردة ... إلخ. ولعل أهم عوامل المناخ في توجيه نشاط الإنسان هي: درجة الحرارة المناسبة ووفرة الماء، فالإنسان في البيئة الحارة يلتزم في نشاطه الزراعي بزراعة نباتات تتحمل درجة الحرارة المرتفعة مثل القطن والذرة وقصب السكر والموز والمانجو، أما في البيئة معتدلة الحرارة فالإنسان يزرع محاصيل كالقمح والشعير والبنجر والموالح والبطاطس، وفي البيئة شديدة البرودة كالمناطق القطبية قد يختفي النشاط الزراعي، كما يختفي النشاط الزراعي أيضاً في البيئة الجافة شديدة الحرارة كما في الصحاري، ودرجة الحرارة أيضاً تحدد للإنسان ملبسه ومسكنه، كما أنها بارتباطها طردياً مع

شدة أشعة الشمس تؤثر على لون البشرة، فلون بشرة الإنسان يتدرج من الأسود القاتم عند خط الاستواء إلي الأبيض كلما اتجهنا شمالاً.

أما وفرة المياة فهي التي تحدد النشاط الزراعي؛ ففي المناطق وفيرة المياة يستطيع الإنسان ممارسة الزراعة المنتظمة وزراعة المحاصيل التي تحتاج إلي مياة وفيرة، أما قلة المياة فتدفع الإنسان إلي البحث عن المياه الجوفية، وفي مناطق الزراعة المطرية يحدد موعد سقوط الأمطار نوع المحاصيل التي يمكن زراعتها؛ فالأمطار الموسمية لا تناسب الزراعة المستمرة على مدار العام، أما المطر الدائم أو وجود الأنهار فهي تتيح للإنسان العمل بالزراعة على مدار العام. وتجدر الإشارة أن سقوط الأمطار بغزارة قد يسبب فيضانات مدمرة، وحسب كمية المطر وموسميته قد يضطر الإنسان إلي إقامة السدود والخزانات لاستغلاله في الزراعة والشرب في غير موسم المطر، ويؤثر المطر على صور الحياة النباتية وكثافتها، وطبقاً لكمية المطر وموسميته أيضا يتفاوت الغطاء النباتي بين الغابات الكثيفة والحشائش والنباتات الصحراوية، وذلك يفرض أنواعًا بعينها من الحيوانات تستطيع دون غيرها الاعتماد في حياتها على النباتات التي تنمو في هذه المناطق فحيوانات الغابات الإستوائية تختلف عن حيوانات الصحراء.

أثر الإنسان علي البيئة

حاول الإنسان على مر العصور التغلب على صعوبات البيئة وتحدياتها بما يحقق متطلباته وطموحاته، وقد تباينت الجهود التي بذلها الإنسان بتباين البيئة وكذا تباين قدرات الإنسان العلمية والحضارية، وعلى ذلك فقد اختلف تأثير الإنسان من بيئة إلي أخرى تبعاً لما يبذله من جهد لاستغلال موارد البيئة الطبيعية، كما اختلف أيضاً من بيئة إلي أخرى تبعاً لصعوبات البيئة.

وقد ظل الإنسان لآلاف السنين وهو لا يعرف سوى تطـور بطـيء في أساليب الإنتاج، وبالتالي كانت احتياجات الناس قاصرة على متطلبـات الحيـاة الأساسية، وكان التغيير والتجديد محدودًا، ومن هنا نشأت العادات والتقاليد، أمـا إنسان القرن العشرين فقد نجح في تغيير بيئته بسرعة مكنته من توفير مستوى مرتفع من الرفاهية، وبصفة خاصة في الدول المتقدمة صناعياً وبعض الدول الغنية بالمصادر الطبيعية وخصوصاً النفط، وقد ساعد على ذلك التجديد المستمر في أساليب الإنتاج واستخدام تقنيات مستحدثة واكتشاف تطبيقات جديدة لمختلف العلوم في كافـة مظاهر الإنتاج والتوزيع والاتصالات، وفي العصر الحالي حدث تطـور سـريع في الاحتياجات والأذواق ارتبط بزيادة كبيرة في عدد السكان مع نزعة عارمـة نحـو المزيد من الاستهلاك، وذلك كله يدفع إلي زيادة معدل الاستغلال لموارد البيئة.

وفيما يلي إيجاز لبعض ما بذله الإنـسان لتطويـع مكونـات البيئـة وإخضاعها لسيطرته من أجل تحقيق متطلباته وأهدافه عبر العصور.

١- التغلب علي وعورة البيئة

في مناطق الجبال والمرتفعات قام الإنسان بتحويـل سـفوح الجبـال إلي مدرجات أو مصاطب ليجعلها مستوية تصلح للزراعة، كما قام بشق الطرق عـبر الجبال والأنفاق تحتها ليتغلب على مشكلة الانتقال، وفي البيئة الجافة قام الإنـسان بكشف المياة الجوفية للاستفادة منها في إقامة مستوطنات تقـوم علـى النـشاط الزراعي، كما في مناطق القصيم وحائل والإحساء بالسعودية والعبدلي بالكويـت والعين بالإمارات العربية والواحات في مصر وليبيا والجزائر. وفي العصر الحديث قام الإنسان بتوفير المياة العذبة بإعذاب مياة البحر واستخدامها للشرب والزراعة بطرق حديثة كالري بالرش والتنقيط، كما استخدم هذه الطرق أيضا في المناطق التي تعاني

قلة الموارد المائية كما في صحاري أستراليا والأردن والسعودية ودول الخليج العربي والأراضي حديثة الاستصلاح في مصر، وفي المناطق التي تعتمد علـــي الأنهـــار في الزراعة كما في مصر وبعض مناطق الشام والعراق وباكستان، وفي بعـــض بلـــدان أفريقيا وآسيا استخدم الإنسان وسائل لتوفير المياة علي مدار العام وترشيد استهلاك المياة في الري، ومن تلك الوسائل إقامة السدود كتلك المقامة على نهر النيل ونهـــر الكونغو، كما قام بتبطين قنوات الري بالأسمنت أو البلاستيك واستخدم الأنابيـــب الأسمنتية والبلاستيكية لتقليل فقد الماء بالتسرب أو التبخر.

٢- تحسين خواص التربة

من أجل تحسين خواص التربة الزراعية أضاف الإنسان الرمال إلي التربـــة الطينية لتفكيكها وزيادة تهويتها ليتمكن من زراعة أنواع جديدة من المحاصيل بهـــا، كما قام بإضافة الطمي والأسمدة العضوية إلي التربة الرملية لتقليل مساميتها وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء وزيادة خصوبتها، كما عمد إلي زراعة نباتات تزيد من خصوبة التربة الفقيرة في محتواها الغذائي مثل البقوليات والمحاصيل الأخـــرى الـــتي تصاحب جذورها كائنات دقيقة تقوم بتثبيت النيتروجين الجوي في جذور تلـــك النباتات، وبالنسبة للتربة الحمضية، فإن الإنسان يضيف إليها الجير لمعادلة حموضتها والتخلص من الآثار الضارة الناجمة عن حموضتها الزائدة، وعند زيـــادة الأمـــلاح بالتربة فإن الإنسان يقوم بغسلها وشق المصارف لها لتخليصها من الأملاح الزائدة.

٣- استخدام تقنيات جديدة في الزراعة

في مجال زيادة الإنتاج الزراعي استخدم الإنسان الآلات الحديثة في الزراعـــة والري والحصاد ونطهير الترع والأنهار والمصارف، وقام بشق الأنفاق وتمهيد الطرق وتسوية الأرض، ولجأ الإنسان إلي تشييد البيوت الزجاجية والبلاســـتيكية لحمايـــة

النباتات من الطقس البارد خلال فصل الشتاء، كما نجح في استنباط سلالات نباتية ذات إنتاجية مرتفعة أو درجة تحمل عالية للظروف البيئية غير المواتية، فقد استنبط الإنسان سلالات جديدة من النباتات تتحمل ملوحة التربة وكذا ســلالات ذات دورة حياة قصيرة و سلالات مقاومة للأمراض والحشرات.

٤- اكتشاف مصادر جديدة للطاقة

في مجال مصادر الطاقة والمعادن، وهي هامة جداً في العصر الحـــالي الـــذي تسود فيه الآلة كل مظاهر الحياة، قام الإنسان باكتشاف مصادر متعددة للطاقة منها المصادر الصلبة كالفحم، والسائلة كالنفط، والغازية كالغاز الطبيعي والطاقة النووية، وهي تعطي طاقة هائلة يمكن بها مواجهة التوسع السريع في استهلاك الطاقة رغم أن التوسع في استخدام هذه الطاقة يواجه معارضة شديدة من جانب أنصار حماية البيئة من التلوث الإشعاعي لاحتمال استخدامها في الحروب.

ويعمل الإنسان على تطويع مصادر الطاقة المتجددة وتطويرها، كالطاقـــة الشمسية والطاقة الأرضية والطاقة الهوائية والطاقة المتولدة عن أمواج البحر ومساقط المياة، وتعد مصادر الطاقة المتجددة أفضل المصادر؛ لأن احتمال نفاذها أمـــر غـــير وارد، كما أنها لا تستنزف مصادر البيئة ولا تسبب تلوثها، وقد نجحت بعض الدول المتقدمة كالولايات المتحدة وما كان يسمى بالاتحاد السوفيتي في استخدام الطاقـــة الشمسية في كثير من المجالات كإعذاب مياة البحر ومياة الآبار، وفي كـــثير مـــن الدول تستخدم السخانات الشمسية لتسخين المياة وطهي الطعام وتوليد الكهرباء، ويعمل العلماء الآن على إيجاد السبل لتخزين الطاقة الشمسية ونقلها واستخدامها في تحريك السيارات وغيرها من المركبات، ولاشك أن التوسع في إنتاج الطاقة المتجددة من أهم تحديات القرن الواحد والعشرين؛ لأن مصدار الطاقة الأخـــرى كـــالفحم

والبترول هي مصادر غير متجددة وفي سبيلها إلي النفاذ خلال وقت قصير، فالاحتياطي من النفط لن يتجاوز عمره مائة سنة، أما الفحم فيمكن أن يكفي العالم لمدة ٤٠٠ سنة ولكنه مصدر لا يمكن الحصول عليه إلا بتكاليف باهظة كما أنه يسبب تلوث البيئة.

قضايا البيئة المعاصرة

بلغ الإنسان في تأثيره على البيئة بالتغيير مراحل تنذر بالخطر؛ إذ تُجَاوِز في بعض الأحوال قدرة النظم البيئية على الاحتمال، وذلك أدى بدوره إلي تناقص القدرة البيولوجية للأرض، ويمثل ذلك استنزافاً للمصادر الطبيعية وفقداً للموارد غير قابل للتعويض أو الاسترجاع، كما أن نزعة الإنسان نحو المزيد من الاستهلاك ألجأته إلي استخدام وسائل لزيادة الإنتاج ضارة بالتوازن البيئي، وقد نجم عن ذلك ظهور مشكلات بيئية لم يكن للإنسان عهد بها من قبل ويتعين عليه إيجاد حلول لها، ومن هذه المشكلات استنزاف موارد البيئة والاستغلال غير الرشيد لمصادرها، وتلوث البيئة، ومشكلة التصحر وقضية الاحتباس الحراري وغيرها من المشكلات التي تختلف باختلاف ثقافة المجتمع وأوجه الحياة في البيئة، وقد اتسعت دائرة الخلل الذي أصاب النظم البيئية لتصبح مشكلة عالمية يجب أن تتضافر الجهود من أجل وضع حلول ناجعة لها.



الفصل الثاني

الموارد الطبيعية و طرق حمايتها

مقدمة

الموارد الطبيعية في البيئة هي المخزون غير المستخدم أو المتجدد الذي يستفيد منه الإنسان، وتنقسم هذه الموارد تبعاً لاستمرارية عطائها وإمكان استنزافها إلي موارد متجددة Renewable resources مثل الشمس والماء والهواء والنباتات والحيوانات البرية، وموارد غير متجددة None-renewable resources مثل المعادن والصخور ومصادر الطاقة الحفرية كالفحم والنفط والغاز الطبيعي، والموارد المتجددة يمكن الحافظ عليها واستمرار عطائها برغم إنها معرضة للتلف عن طريق التلوث أو سوء الاستغلال، أما الموارد غير المتجددة فالمستهلك منها من الصعب تعويضه وهي معرضة للفناء.

والموارد الطبيعية قد تكون شائعة الملكية لا تعرف حدوداً سياسية كالشمس والهواء ومصادر المياة، وقد تكون خاضعة لسيطرة دولة بعينها مثل النباتات والحيوانات البرية ومصادر الطاقة غير المتجددة، وحيث أن هذه الموارد جميعها تمثل مكونات النظم البيئية على الأرض، ولما كان بعض هذه الموارد قد يتعرض للنضوب أو التلف أو الفناء فإن دورها في النظام البيئي قد ينعدم، ومن هنا يحدث خلل في التوازن البيئي المطلوب والضروري لاستمرار الحياة على الأرض، لأن نفاذ مورد من موارد البيئة قد يتعدى إلي الموارد الأخرى، وقد تتسع دائرة الخلل في النظام البيئي لتصبح مشكلة عالمية. في ضوء هذه الاعتبارات فسوف نتناول سبل استتراف الموارد الطبيعية وسبل الحفاظ علي هذه الموارد كمصدر عطاء مستمر للبشرية.

صور استنزاف موارد البيئة الطبيعية

كما أشرنا في الباب الثاني فإن النباتات والحيوانات تعيش في نظم بيئية متوازنة، وتعمل الظروف البيئية المحيطة بها علي حفظ هذا التوازن وتبقى عليه، ويتسبب تدخل الإنسان في كثير من الحالات في تغيير معالم النظام البيئي وتدهوره، مما يسبب استتراف موارد البيئة الطبيعية، **ويحدث ذلك بعدة صور نذكر منها بعض الأمثلة المتعلقة بموضوع هذا الكتاب وهي:-**

١- قطع الأشجار

في النظم البيئية الطبيعية تمثل النباتات مصدر الطاقة والأكسجين وتمثل الحيوانات مصدر الغذاء البروتيني، وعنما تراجع مخزون الفحم وهو مخزون طاقة كامنة في باطن الأرض، لجأ الإنسان إلي قطع أشجار الغابات لاستغلالها كمصدر للطاقة وأيضا في بناء السفن مما أدى إلي إنقراض كثير من الغابات، وأرض الغابة غالبا ما تكون بعيدة عن الشمس وبمعزل عن حرارتها تحت ظل الأشجار، كما أن التحولات المتشعبة للأوراق المتساقطة إلي مواد عضوية تعمل كغذاء لأجيال جديدة من الأشجار، ولكن قطع الأشجار يجعل أرض الغابة معرضة للشمس، الأمر الذي يتسبب في تفكك الطبقة العضوية وفقدها، وذلك يقضى على النباتات ويؤدي إلي تدهور النظام البيئي بالغابة، كما يقوم الإنسان في بعض الصحاري وأراضي المراعي بقطع النباتات لاستخدامها في الطهي والتدفئة.

٢- تجفيف البحيرات

أدى التزايد المطرد لعدد سكان كثير من بلدان العالم إلي اللجوء إلي تجفيف كثير من البحيرات لاستغلالها كأراضي لزراعة المحاصيل، ولعل هذا الأمر يبدو عملا جيدا كوسيلة لتوفير الغذاء للسكان، والبحيرات هي نظم بيئية منتجة للأسماك ومن

ثم فهي مصدر للغذاء البروتيني، ولكن تجفيف البحيرات يسبب تحول النظام البيئي في منطقة البحيرات من نظام منتج للغذاء البروتيني إلي نظام زراعي منتج للحبوب، الأمر الذي يتسبب في نقص القيمة الغذائية لإنتاجية النظام البيئي، ومن الأمثلة على ذلك بحر الغزال في النيل الأعلى بالسودان، فقد كان ذلك النهر يحوي أكبر احتياطي للبروتين في العالم، فقد تم تجفيف حوالي ٤٠٠٠ هكتار لتجربة زراعة الأرز بها، الأمر الذي أدى إلي تحول السكان من الصيد إلي المعيشة على زراعة الأرز ويؤدي ذلك إلي تدني القيمة الغذائية لإنتاجية النظام البيئي .

٣- الرعي الجائر لنباتات المراعي

نباتات المراعي هي في الغالب أعشاب وحشائش تنمو طبيعياً على مياة الأمطار وتتغذى عليها حيوانات اللحوم، وهي لذلك مصدر جيد للبروتين الحيواني، ويجب فهم سلوك المجتمع النباتي وخصائصه في أرض المراعي واستخدام نباتات المرعى بطريقة منظمة تسمح بتجديد الكساء الخضري لأجيال متعاقبة، أي يجب أن يكون هناك تكافؤ بين الإنتاج النباتي وبين عدد حيوانات الرعي، ولكن في بعض الحالات يطمع الإنسان في مزيد من الربح السريع فيطلق أعداداً كبيرة من حيوانات الرعي، وفي مثل هذه الحالات تتغذى على النباتات الصغيرة فيتناقص الكساء الخضري وتقل الإنتاجية تدريجياً حتى تكاد تنعدم، وبالطبع فان لكل مرعي قدرة تحمل، فكلما كان الكساء الخضري كثيفاً ومن أنواع رعيية جيدة زادت قدرته على تحمل عدد أكبر من حيوانات الرعي.

٤- تبوير الأراضي للبناء

مع زيادة كثافة السكان ونزوع الإنسان إلي حياة أفضل، نشطت حركة البناء وازداد الطلب على مكونات صناعة البناء منها مثل الرمل والحصى لصناعة

الطوب والأسمنت، وكثر استخدام الأراضي الزراعية وأراضي المراعي ومجاري الأنهار لاستخراج مكونات صناعة البناء منها فيما يسمي بتجريف التربة، وقد أدى ذلك إلي فقدان التربة في هذه المناطق لخصوبتها، الأمر الذي أدى إلي تدهور إنتاجيتها، ولم يقتصر تبوير الأراضي في الحصول على مكونات صناعة البناء بل تعدى ذلك إلي إقامة المباني على الأراضي المنتجة، فكم من أرض زراعية تحولت إلي أحياء سكنية في كثير من مدن العالم، وكم من أرض مراعي وأرض زراعية تحولت إلي مناطق صناعية كان من الممكن إقامتها في صحاري قريبة.

٥- نقل النباتات والحيوانات من بئيتها الطبيعية

كثيراً ما يتم جلب النباتات والحيوانات من بئيتها الطبيعية ووضعها فيما يسمي بحدائق االنباتات والحيوانات والتي كثيراً ما تمثل ظروف بيئية غير مناسبة لحياتها، الأمر الذي يؤدي إلي موت النباتات والحيوانات. وتعتبر أوروبا وأمريكا الشمالية أكثر البلدان جلباً للحيوانات والطيور التي تأتي غالبا من أفريقيا، ونظراً لاختلاف المناخ بين أوروبا وأفريقيا فإن الكثير من هذه الحيوانات يموت أو يعيش بلا تكاثر، وهكذا يحدث تفريغ للبيئة الأفريقية من مكوناتها الطبيعية، الأمر الذي يتسبب في الإخلال بالنظام البيئي بها.

٦- الصيد الجائر للحيوانات والطيور

لا يعتبر الصيد بغرض الغذاء ضاراً بالطبيعة إذا كان منظماً بحيث تحدد الأنواع المسموح صيدها في مكان معين ولفترة زمنية معلومة بحيث لا يؤثر ذلك على تكاثر الحيوان وحفظ نوعه، مع الاهتمام الخاص بحماية الأنواع النادرة، لكن بعض ممارسات الصيد تشمل تعقب بعض الحيوانات كهواية أو لكونها ضارة، ومن الأمثلة على تأثير الصيد الجائر علي معالم النظام البيئي، ما حدث في سهول زامبيا،

حيث أدي استخدام وسائل حديثة للصيد وعدم تنظيمه إلي تناقص عدد الحيوانات، فقد كان السكان في الماضي يستعملون النبال والآلات الحادة فكانت تتوافر للحيوان الفرصة للهرب ولكن استعمال البنادق والسيارات في ملاحقة الحيوانات أدى إلي القضاء على كثير من الحيوانات والطيور، الأمر الذي أدى إلي تدني إنتاجية النظام البيئي من البروتينات وكان ذلك سببا في هجرة كثير من سكان المنطقة.

٧- إتلاف التربة

التربة هي مصدر الغذاء الرئيسي للنباتات، ولذلك فان إتلافها يمثل استترافا لمورد أساسي تعتمد عليه الحياة على الأرض، **ومن صور إتلاف التربة ما يلي**:-

أ- التجريف، وهو إزالة الطبقة العلوية من التربة المحتوية على المواد الغذائية والعضوية اللازمة لحياة النبات.

ب- الإسراف في استخدام مياة الري وعدم وجود سبل صرف المياه الزائدة، وذلك يؤدي إلي سوء تهوية التربة وزيادة الأملاح بها .

ج - الإفراط في زراعة محاصيل بالتربة، الأمر الذي يؤدي إلي إجهادها بسبب ما تفقده من مواد غذائية، وعدم إتباع دورة زراعية سليمة تتعاقب فيها زراعة محاصيل مجهدة للتربة مثل القطن مع محاصيل مخصبة لها مثل البرسيم.

د- عدم استخدام النباتات المناسبة لنوع التربة وعدم الاهتمام بالمعالجات الميكانيكية والكيميائية الصحيحة لصيانة التربة.

هـ- تحركات الرمال من الصحاري إلي التربة، الأمر الذي يجعلها غير صالحة للزراعة، ويمكن تجنب ذلك بإنشاء سياج من الأشجار في صفوف يعمل أيضا على حماية المحاصيل من شدة الرياح.

٨- زيادة معدل استهلاك مصادر الطاقة والمعادن

نتيجة للتقدم الصناعي والتقني الذي يعيشه العالم اليوم، ازداد معدل استهلاك الطاقة والمعادن، والاستمرار في استغلال هذه الموارد بمعدلات مرتفعة قد يؤدي إلى فنائها، ولما كانت مصادر الطاقة المستخدمة الآن مثل النفط والفحم والغاز الطبيعي من المصادر غير المتجددة، فإنها معرضة للنفاد ومن ثم يكون من الضروري ترشيد استهلاكها وصيانتها من أخطر الاستنزاف، ومما يحتم ذلك أن المصادر البديلة كالطاقة النووية لها أخطارها، كما أن الحصول على طاقة من الشمس والرياح والمياه بتكلفة اقتصادية أمر غير ممكن في المستقبل القريب، وبصفة خاصة في الدول النامية التي تنتمي إليها الدول العربية والإسلامية .

٩- سوء استغلال الماء

تغطي المياه نحو ٧١ % من مساحة الكرة الأرضية ويوجد ٩٨% من المياة على الأرض في صورة سائلة، وتبلغ نسبة المياة العذبة حوالي ٣,٣% إلا أنها تعد مصدر الحياة على سطح الأرض فقد جعل الله من الماء كل شيء حي، وبرغم أن الماء كمورد طبيعي يعتبر مورداً متجدداً في كثير من الأحوال إلا أنه **يتعرض للاستنزاف بعدة صور منها:-**

أ- التغير في الظروف المناخية وما يترتب على ذلك من قلة الأمطار أو عدم سقوطها الأمر الذي يؤثر على كمية المياة كمورد بيئي ومن ثم على المكونات الحية للنظام البيئي.

ب- زيادة معدلات النمو السكاني في بعض البلدان ذات الموارد المائية المحدودة، وما يترتب على ذلك من تناقص المياة المتاحة للاستهلاك وعدم كفايتها كما يحدث في بعض المدن.

جـ- الإسراف في استخدام المياة للري وعدم إتباع وسائل الري الحديثة كالري بالرش والري بالتنقيط.

د- قذف الملوثات في الماء، الأمر الذي يفقده أهميته للحياة، كما حدث في نهر الراين وغيره من الأنهار والبحار والبحيرات في العالم .

هـ - انسياب مياة الأنهار إلي البحار والمحيطات، ويبلغ الفاقد من مياة الأنهار في البحار نحو ٣٠% من المياة التي تسقط على سطح اليابسة.

سبل الحفاظ على الموارد البيئية

رغم التحذيرات التي تطلقها المنظمات والجماعات البيئية والتي تؤكد أن الاستنزاف الشديد للموارد الطبيعية سيؤدي إلي انهيار النظام البيئي الذي سيتبعه بلا شك انهيار أنظمة الحياة وتدهور الحياة الإنسانية إلا أن كثيراً من الدول مازالت مستمرة في تعنتها بتجاهل تلك التحذيرات بل إزداد الأمر خطورة حينما بدأت الصراعات على الموارد بالانتشار في العالم مما خلق سعياً غير عادي من أجل التسلح فتحول العالم أجمع من طبيعة خلابة مليئة بالحياة إلي ثكنات عسكرية تنظر إلي الدول التي تمتلك الموارد الطبيعية على أنها مخزن مهم تجب السيطرة عليه. لقد كان بإمكان دول العالم تجنب هذا الأمر لو تعاونت في تطبيق مفهوم التنمية المستدامة بشكل كامل وصحيح.

فالحفاظ على الموارد الطبيعية من خطر الاستنزاف ضرورة حتمية تفرضها رغبة الإنسان في استمرارية الحياة على سطح الأرض، ويجب أن يتم ذلك من خلال إطار بيئي يستند إلي دراسة عناصر البيئة المختلفة وتحليل تركيبها ووظيفتها من أجل الاستخدام الرشيد لمواردها وفق معايير وضوابط محددة، بما يحقق بقاء الموارد الطبيعية كمصدر عطاء مستمر والعمل على إبطاء معدل نفاذ الموارد غير

المتجددة، **ومن السبل الواجب إتباعها للحفاظ على الموارد البيئية من الفناء الإجراءات التالية:-**

١- حماية النباتات والحيوانات البرية

ويتم ذلك بعدة طرق نذكر منها ما يلي:-

أ- تحديد فترات لصيد الحيوانات والطيور وفترات يتوقف فيها الصيد حتى يتاح للحيوانات والطيور فرصة التكاثر والتعويض، وقصر وسيلة الصيد على الطيور الجارحة أو الأسلحة التي لا تصيب غير حيوان واحد أو طائر واحد.

ب - تنظيم أوقات رعي الحيوانات للنباتات البرية وعدم رعي بادرات النباتات حتى تستكمل نموها وإنتاج بذورها حتى تتمكن من النمو في المواسم التالية، ويجب الحرص على النظام البيئي في المراعي وعدم تحميله أكثر من قدرته حتى يظل دائماً مصدراً للغذاء، وبالطبع يجب العمل على زيادة قدرة التحمل لنباتات المرعى.

جـ - حماية النباتات والحيوانات النادرة من الانقراض بتحريم صيد مثل هذه الحيوانات وتحريم رعي النباتات من أجل زيادة أعدادها في البيئة حتى لا تنقرض تماماً، ويتم ذلك بإتباع نظام المحميات الطبيعية.

د- العمل على إنماء الأنواع المهددة بالانقراض وإكثارها في مراكز بحوث متخصصة في سلوك الكائنات البرية وحياتها، وتوفير البيئة الملائمة لتكاثرها في الأسر تمهيداً لإعادتها إلى البيئة الطبيعية التي تعيش فيها، وقد نجحت الهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وإنمائها في المملكة العربية السعودية من إكثار عدد من أنواع الحيوانات النادرة، منها طيور الحباري والدجاج الحبشي وحيوان المها العربي.

هـ - العمل على استزراع الأشجار والحدائق لتعويض ما استترف نتيجة قطع الأشجار أو إزالتها من أجل التوسع الزراعي، وحماية الغابات والمراعي من خطر الحرائق بإنشاء ما يسمى بخط النار، وهو منطقة خالية من النباتات حول أجزاء من الغابة أو المرعى حتى إذا اندلعت النيران في جزء لا تنتشر في باقي أجزاء الغابة أو المرعى.

٢- صيانة التربة وترشيد استخدام المياة

تتطلب صيانة التربة جهداً كبيراً حتى لا يؤدي استترافها إلي تدهور الإنتاج الزراعي، ويتطلب ذلك تدخل الدولة بالإرشاد والتوجيه والتخطيط بل ويقتضي الأمر التعاون الدولي في هذا الأمر. ولا شك أن مواجهة استتراف التربة ومصادر المياه ضرورة حتمية، لأن في ذلك حماية للإنسان نفسه، **ومن السبل الواجب إتباعها لصيانة التربة نذكر ما يلي:-**

أ- عدم تجريف التربة لاستخدامها في صناعة مواد البناء وفرض عقوبات رادعة على من يقومون بتجريفها.

ب- اختيار النباتات المناسبة لنوع التربة وعدم زراعة نباتات مجهدة للتربة حتى لا تفقد خصوبتها، وزراعة محاصيل متعاقبة من أنواع مختلفة.

ج- تعويض التربة عما تفقده من مواد عضوية ومعدنية، وذلك بإضافة الأسمدة إليها وزراعة محاصيل مخصبة لها مثل البقوليات.

د- تقنين استخدام مياة الري وترشيد استخدامها وإنشاء شبكات صرف لمياة الري الزائدة لتهوية التربة، واستخدام وسائل ري متطورة لتوفير المياة ومنع زيادة الأملاح بالتربة.

هـ- الاهتمام بالمعالجات الميكانيكية لتفكيك حبيبات التربة وزيادة تهويتها وترك مخلفات النباتات بها مع تقليبها لزيادة مسامها.

و- إنشاء مصدات رياح من الأشجار في صفوف لحماية التربة من التذرية أو الجرف ولمنع الرمال من الوصول إلي الأراضي الزراعية، وزراعة سفوح الجبال بالنباتات بنظام المدرجات أو المصاطب لحماية التربة من الإنجراف مع مياه الأمطار وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء .

٣- ترشيد استهلاك مصادر الطاقة والمعادن

سبق أن أشرنا إلي أن مصادر الطاقة الحفرية مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي هي المصدر الرئيسي للطاقة في عالم اليوم، وهي من مصادر الطاقة غير المتجددة، وأن استمرار استغلالها سوف يعرضها للاستتراف، ومن ثم وجب الاهتمام بصيانتها وترشيد استهلاكها والعمل على إيجاد مصادر بديلة لها، **ومن السبل التي يجب إتباعها في هذا الشأن ما يلي:-**

أ- تطبيق بعض الأساليب بتقليل الحد الأقصى لسرعة السيارات، وتلافي اختناقات المرور في المدن، لأن استهلاك الوقود يزداد مع بطء حركة سير السيارات، ومن أجل ذلك منعت بعض الدول قيادة السيارات في يوم أو أكثر في الأسبوع .

ب - التوعية بخطر استتراف مصادر الطاقة وتوجيه الناس نحو الاقتصاد في استهلاك الطاقة الكهربائية والغاز الطبيعي في المنازل وأماكن العمل والمصانع، وتقليل الفاقد من هذه الطاقة.

ج- التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة النووية والشمسية وتوليد الطاقة من الرياح وأمواج البحر والطاقة الحرارية في باطن الأرض. ومما يشجع هذا الاتجاه التقدم التقني الذي وصل إليه إنسان القرن العشرين.

د- إجراء مسح جيولوجي لمناطق جديدة من أجل الكشف عن مناجم جديدة أو إكتشاف معادن جديدة وتطوير أساليب التعدين وزيادة أعمال التنقيب والعمل على استغلال الخامات ذات التركيزات المنخفضة من المعادن والثروة المعدنية الذائبة في مياه البحر والمحيطات أو الموجودة في صخور أرضية هذه المسطحات المائية، والعمل على إعادة الاستفادة من المنتجات المعدنية المستهلكة لتقليل استهلاك المواد الخام.

٤- صون التنوع الحيوي

في ضوء الإنقراض المتزايد لكثير من أنواع الكائنات الحية الطبيعية بما في ذلك الأصول البرية للمحاصيل الإقتصادية، تم عقد الكثير من المعاهدات والاتفاقيات لصون التنوع الحيوي، ويعمل المجتمع الدولي بصفة خاصة على صون الموارد الوراثية الطبيعية، خاصة منها المتعلقة بالأغذية والزراعة، وترشيد استهلاكها واستدامة الانتفاع منها مع ضمان حفظ حقوق المجتمعات المحلية والدول في الإنتفاع بثروهّا الطبيعية وتأكيد ضرورة الاقتسام العادل والمنصف للمنافع الناتجة من استخدام هذه الموارد الوراثية، من خلال بناء القدرات الفنية والبشرية وإقامة الأطر التشريعية والإدارية المناسبة في ظل سياسات ملتزمة وخطط علمية مناسبة.

الفصل الثالث

التنوع الحيوي و المحميات الطبيعية

تعريف التنوع الحيوي

التنوع الحيوى Biodiversity هو أنماط ومستويات الاختلاف الطبيعى بين ملايين الكائنات الحية بداية من مستوى الجينات الوراثية، حتى مستوى الأنظمة البيئية المتداخلة التي تشترك الكائنات الحية في نسجها، وكما جاء في تعريف الصندوق العالمي للحياة البرية World-wide life fund فإن التنوع الحيوي هو ثروة الحياة علي الأرض والتي تشمل ملايين الأنواع من النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة والجينات التي تدخل في تركيباتها الوراثية والنظم البيئية التي تشترك الكائنات الحية في تكوينها، ويعزى التنوع الحيوي إلي اختلاف البيئات فى مناطق العالم المختلفة وإلي اختلافات وراثية وبيئية داخل الأفراد والأنواع والجماعات، ويزداد التنوع الحيوي في المناطق الدافئة الرطبة وينقص بالإرتفاع عن سطح البحر والجفاف. **ويتضمن ثلاث مستويات هى:-**

١- التنوع على مستوى المجتمعات الحيوية والأنظمة البيئية.

٢- التنوع على مستوى الأنواع والمجموعات التصنيفية.

٣- التنوع على مستوى الجينات بين الأفراد والجماعات.

أهمية التنوع الحيوى

يمكن إيجاز أهمية التنوع الحيوى للنباتات فى عدة نقاط لعل أهمها:-

١-لتنوع المجتمعات والأنظمة البيئية دور لا غنى عنه فى الحفاظ على تباين الأنظمة منضبطاً ومستقراً حتى لا تتغير الحياة على سطح الأرض بصورة اعتباطية.

٢- يعد تنوع الأنواع والمجموعات التصنيفية من أهم المصادر الغذائية والعلاجية، كما فى نباتات الحبوب والبقوليات والخضروات والفاكهة والنباتات الطبية والعطرية ونباتات الزيوت والأصباغ.

٣- تنوع الجينات ضرورى لضمان قدرة الكائنات الحية المستمرة على التكيف مع الأوضاع البيئية التي تعيش بها، وكونها مستودع الملاءمة الجينية مع تغيرات البيئة، ومع اكتشاف طرق نقل الجينات فيما يعرف بالهندسة الوراثية تتزايد أهمية الجينات في مجالات حديثة في الزراعة والطب والصناعة وحماية البيئة.

٤- للتنوع الحيوي أهمية اقتصادية تتمثل فى حتمية الاستغلال الرشيد للنباتات ذات القيمة الاقتصادية، وأهمية علمية وتعليمية تتمثل فى توفير النماذج الطبيعية لدراسة بيئات وتصنيف ووراثة الأحياء وله أيضا أهمية جمالية وترفيهية واجتماعية توفرها مصادر الطبيعة الخلابة، وفي هذا الإطار نشير إلي أن السياحة البيئية في المناطق الطبيعية هي مصدر أساسي للدخل في بعض الدول مثل كينيا ونيبال وكوستاريكا ومصر والمملكة العربية السعودية.

قياس التنوع الحيوي

يتم قياس التنوع الحيوي على المستوى التصنيفي بحساب عدد الأنواع والمجموعات التصنيفية فيما يسمي قياس الوحدات التصنيفية Taxic measures وتقدير النسق التطوري لها باستخدام قياسات تطورية Phylogenetic measures، وعلى المستوى الجزيئي باستخدام قياسات جزيئية Molecular measures لتقدير التنوع الوراثي بين الأفراد والأنواع، كما يمكن تقدير التنوع في المجتمعات بقياس معايير بيئية كتلك التي أشرنا إليها في الفصل الثاني من الباب الثالث مثل القيمة الهامة والوفرة النوعية للأنواع وتنويعها الكمي وانتظامها النسبي.

١- قياس الوحدات التصنيفية

يعتمد قياس الوحدات التصنيفية علي تعداد الأنواع المختلفة في المجتمع ووضعها في مراتبها التصنيفية، ويعتبر ذلك قياساً مناسباً للمقارنة بين المجتمعات، وأحيانا يكون من الأفضل استخدام عدد الأجناس بل وحتي الفصائل.

٢- القياسات التطورية

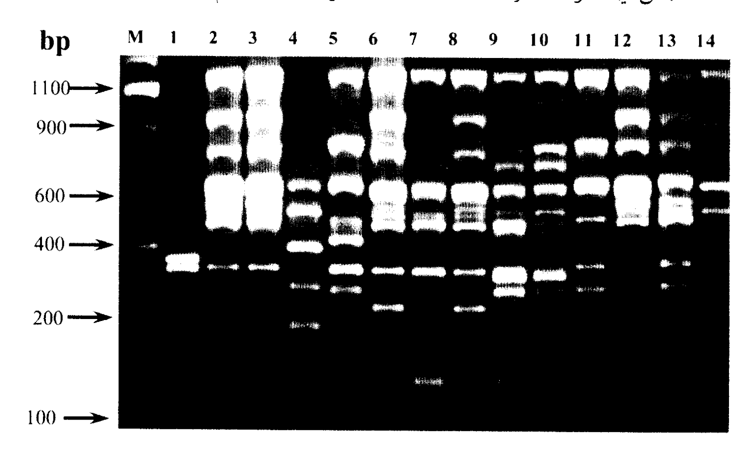
تهدف القياسات التطورية إلي حساب التنوع بين الأنواع والمجموعات التصنيفية في المجتمعات استناداً إلي التباين بينها في الأشكال الخارجية والخصائص الداخلية باستخدام فرضيات التفريع التطوري.

٣- القياسات الجزيئية

تهدف القياسات الجزيئية إلي تقدير وتحليل وتقييم التنوع الحيوي باستخدام دلائل جزيئية Molecular markers، ويستخدم تعبير الدلائل الجزيئية كمرادف لما يسمى بصمات وراثية Genetic fingerprinting مستنبطة من خصائص الجزيئات الكبيرة Macromolecules التى تحمل المعلومات الوراثية مثل الحامض النووي دنا DNA والبروتينات Proteins، وبصفة خاصة بصمات الدنا DNA fingerprinting، التى تم تطويرها وشاع تطبيقها فى الدراسات البيولوجية منذ بداية العقد الأخير من القرن العشرين معضدة باستخدام مفاهيم وقواعد مستحدثة وبرامج حاسبات جديدة لتحليل النتائج بما يجعلها ذات قيمة عالية في تقييم التنوع الحيوي والاستقرار الوراثي للأصناف والأنواع.

تستمد الدلائل الجزيئية من البروتينات بعدة طرق أهمها استخدام الأمصال، وتعيين ترتيب الأحماض الأمينية فى السلاسل الببتيدية، والتفريد الكهربى لبروتينات البذور المختزنة والنظائر الإنزيمية (الأيزوزيمات Isozymes)، أما الدلائل الجزيئية

المستمدة من الدنا فتشمل ما يسمى بالتباين في أطوال مقاطع دنا بعد معالجته بإنزيمات القصر Restriction fragment length polymorphism (RFLP) والتي تسمى بالرفلبات التي ابتكرها بوتشتاين Botstein وآخرون عام ١٩٨٠، ودلائل أتاحتها تقنية استنساخ دنا معمليا ومنها الإكثار العشوائي (المضاعفة العشوائية) لمقاطع دنا المتباينة Random amplified polymorphic DNA المعروفة اختصارا بكلمة رابد RAPD التي اكتشفها وليامز Williams وآخرون عام ١٩٩٠ وتباين أطوال مقاطع دنا المستنسخة Amplified fragment length polymorphism المسماة أفلبات (AFLP) التي طورها فوس Vos وزابو Zabeau عام ١٩٩٣. ويوضح **شكل ٤-١** التباين في أطوال أجزاء دنا المتضاعفة عشوائيا باستخدام بادئ قصير.



شكل ٤-١: صورة فوتوغرافية توضح تباين مقاطع دنا المتباينة بعد استنساخ دنا أنواع من جنس الكروتالاريا *Crotalaria* معمليا باستخدام أحد البوادئ العشوائية المفردة القصيرة (١-١٤ عينات كروتولاريا وM=DNA marker)

التنوع الحيوي للنباتات الاقتصادية

يبلغ عدد النباتات الوعائية التي تعيش علي الكرة الأرضية حوالي ٢٤٠ ألف نوع هي أهم االمكونات الأساسية للنظم البيئية ولها الدور الرئيسي في تحقيق التوازن البيئي، وفضلا عن ذلك فإنها تشكل القاعدة التي تنهض عليها الزراعة ويرتكز عليها الأمن الغذائي العالمي، فهي المصادر الأساسية للأغذية والأدوية وعلف الحيوانات المستأنسة، والألياف والملابس، والمأوى والأخشاب والطاقة وغيرها، وبعض أنواع هذه النباتات واسعة الإنتشار وبعضها ذات توزيع مقتصر علي مواطن خاصة، ورغم أن حوالي ٦٠ ألف نوع تصلح للإستهلاك البشري، فإن حوالي ٢٠٠ نوع فقط هي التي يعتمد عليها الإنسان كمصدر للغذاء، بل إن عدداً صغيراً من المحاصيل يوفر أهم إمدادات الطاقة الغذائية في العالم، حيث يساهم الأرز بـــ ٢٦%، والقمح بـــ ٢٣% والسكر بـــ ٩% والذرة الشامية بـــ ٧% والذرة الرفيعة بـــ ٤% ثم زيت فول الصويا بـــ ٣% والبطاطس بـــ ٢%، اضافة لزيوت نباتية أخرى تساهم مجتمعة بـــ ٦%، وتساهم الأنواع الأخرى بـــ ٢٦%.

يعود الاهتمام بدراسة الأصول البرية وأسلاف المحاصيل إلي عالم تصنيف النبات السويسري الفونس دي كاندول Alphonse de Candolle عام ١٨٨٣ الذي صنف نباتات المحاصيل إلي نباتات العالم القديم في آسيا وأفريقيا وحوض أوربا ونباتات العالم الجديد أي أمريكا الشمالية والجنوبية، وقد صنف دي كاندول محاصيل العالم القديم إلي محاصيل يزرعها الإنسان منذ أكثر من ٤٠٠٠ سنة مثل القمح والشعير والأرز والتمر والكتان والتين والزيتون الفول والبصل والخوخ والعنب والشاي، ومحاصيل مزروعة منذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة منها قصب السكر والشوفان والليمون والجزر والبرقوق، ومحاصيل يزرعها الإنسان منذ أقل من ٢٠٠٠ سنة منها الفراولة والشمام والبن العربي والبقدونس والخرشوف. أما محاصيل العالم

الجديد فقد صنفها دي كاندول إلي محاصيل يزرعها الإنسان منذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة وأهمها الذرة الشامية والبطاطا الحلوة والفاصوليا والكاكاو والتبغ، ومحاصيل كانت معروفة قبل غزو أمريكا عام ١٤٩٢ بواسطة كولومبس منها القطن والبطاطس والطماطم والقرع والفلفل الأحمر، ومحاصيل تم زراعتها في أمريكا منذ عهد كولومبس منها الفلفل الحلو والتوت والمطاط.

وقد وضع العالم الروسي فافيلوف Vavilov عام ١٩٢٦ الأسس التي يمكن الاستناد إليها لبيان الموطن الأصلي للمحاصيل الزراعية، إذ وجد أثناء رحلاته العديدة حول العالم أن تنوع المحاصيل غير موزع بانتظام في جميع أنحاء العالم وأن كثير من المحاصيل تزرع في غير موطنها الأصلي، فالقمح الذي يزرع حول العالم توجد أصوله في منطقة الهلال الخصيب، وفي نفس المنطقة أيضا توجد أصول الشعير والبرسيم المصري والبقوليات، ويوجد أكبر تنوع في الأرز في شرق الهند وجنوب الصين وأغني تنوع في الذرة الرفيعة في مناطق السافانا في غرب السودان وتشاد، أما القطن فإن أغني تنوع لأصوله يوجد في أمريكا الجنوبية. وقد أدرك فافلوف أيضا أن بعض المحاصيل لها أصل متشعب وليس أصل وحيد.

اقترح فافيلوف إثني عشر منطقة حول العالم اعتبرها مراكز الأصول الوراثية للنباتات الإقتصادية حول العالم منها سبعة في العالم القديم وخمسة في العالم الجديد، وتضم مراكز العالم القديم خمسة مناطق في غرب ووسط وجنوب آسيا ومنطقة البحر المتوسط ومنطقة في جبال إثيوبيا، أما مراكز العالم الجديد فتضم ثلاث مراكز في أمريكا الجنوبية ومركز في المكسيك ومركز في جنوب الولايات المتحدة الأمريكية. وتؤيد الدراسات الحديثة أن الجانب الأكبر من التنوع في الأقارب البرية للمحاصيل لا يزال موجوداً على مستوى عالي ويتركيز هذا التنوع في أقاليم شتى من العالم حددها البرنامج العالمي لصون النباتات التابع للإتحاد العالمي لصون الطبيعة

International Union for Conservation of Nature (IUCN) في ٢٥٠ مركز للتنوع النباتي Centers of Plant Diversity (CPD) يقع معظمها في ستة عشر اقليماً توجد فيما يسمي بدول العالم النامي **هي**:-

إقليم شرق آسيا - إقليم جنوب شرق آسيا - إقليم جنوب آسيا - إقليم آسيا الوسطى - إقليم غرب آسيا - إقليم جنوب البحر المتوسط - إقليم شرق أفريقيا - إقليم المحيط الهندي - إقليم جنوب أفريقيا - إقليم افريقيا الوسطى - إقليم غرب أفريقيا - إقليم أوروبا - إقليم أمريكا الشمالية - إقليم الكاريبي - إقليم أمريكا الوسطى - إقليم أمريكا الجنوبية.

ويأخذ الوطن العربي بموقعه المتوسط في العالم أهمية خاصة حيث تمتد فيه ثلاثة من الأقاليم الجغرافية للتنوع الوراثي للمحاصيل الزراعية الرئيسية هي إقليم غرب آسيا وإقليم جنوب المتوسط وإقليم شرق أفريقيا، وتحيط به خمس من الأقاليم الأخرى شهدت تواصلاً في فترات مختلفة من التاريخ مع أجزاء من هذا الوطن العربي، مما أدى إلي تراكم العديد من أشكال التباين الوراثي في المحاصيل خاصة التي أدخلت إلي هذا الوطن من الأقاليم الأخرى.

ولقد ساهمت الموارد الوراثية المتمثلة في الأقارب البرية للمحاصيل فيما يسمي بالنبع الجيني Gene pool للمحاصيل في اكساب السلالات المزروعة صفات مرغوبة منها المقاومة للعديد من الآفات والأمراض، والأمثلة على ذلك شتى في محاصيل متعددة منها القمح والذرة الرفيعة والأرز والبطاطس والكسافا والبرسيم، ولازال كثيراً مما تبقى من التنوع الحيوي لهذه الموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة موجوداً في حقول المزارعين وفي البراري الممتدة في أنحاء العالم المختلفة، إلا أنها تتعرض لتهديدات جسيمة بالتدهور والتناقص والتآكل مالم تبذل الجهود للحفاظ عليها ويلتزم الجميع بالعمل الجاد على صيانتها والمحافظة عليها.

مؤشرات تهديد التنوع الحيوي النباتي

مع التطور الصناعي في المجتمعات الغربية منذ ما يسمي بالثورة الصناعية تزايد تدهور الثروة النباتية على الكرة الأرضية على مدى عشرات العقود من السنين، فقد لحق بالموارد النباتية كثير من التدهور والتآكل بفعل الصور المختلفة لاستتراف الموارد الطبيعية التي أشرنا إليها في الفصل السابق بالإضافة للتغيرات البيئية بفعل العوامل المختلفة، هذه الأسباب وغيرها هي التي أدت إلي تدهور التنوع الحيوي بما فيه من تنوع حيوي زراعي يتمثل في الموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة والألياف وغيرها، ومن أهم المخاطر التى تعرض التنوع الحيوى النباتى للتدهور المتسارع **الأسباب التالية**:-

١- الطلب المتزايد على محاصيل الغذاء لسكان الأرض المتزايد عددهم باستمرار.

٢- الاستخدام غير الرشيد للموارد النباتية مثل الرعى الجائر وحث الغابات.

٣- التلوث المتصاعد نتيجة لتزايد النشاط الصناعى واستخدام مواد مصطنعة.

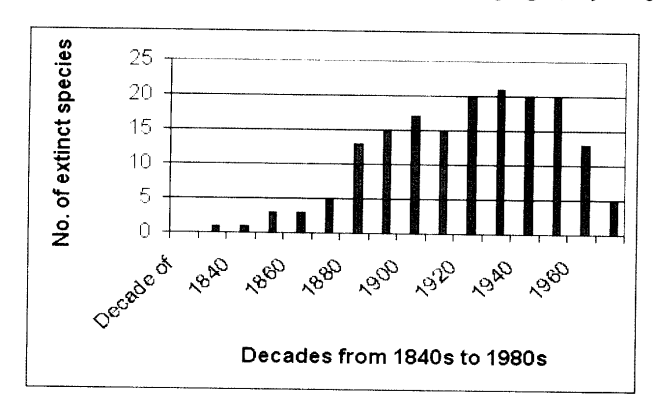
٤- الصعوبات البيئية التي تتعرض لها الكرة الأرضية، وخصوصاً الجفاف المتصاعد بفعل تغير المناخ، والعواصف والأعاصير والبراكين وموجات الزلازل العنيفة كموجات تسونامي التي أصابت منطقة جنوب شرق آسيا عام ٢٠٠٥.

٥- إنبعاث الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري بما قد يسبب إرتفاع درجة حرارة الأرض وما قد يترتب علي ذلك من تغيرات مناخية.

٦- التلوث الوراثى من خلال التحوير الوراثى للنباتات نتيجة إدخال جينات جديدة إلي نباتات غير مستهدفة وما قد يتبع ذلك من عواقب غير معلومة.

ويمثل إنقراض الأنواع أكبر مظاهر تهديد التنوع الحيوي، حيث أن ما يفوق

٨٠٠ نوع قد إنقرضت بالفعل منذ عام ١٦٠٠، ويوجز **شكل ٤-٢** عدد الأنواع النباتية التي انقرضت كل عشر سنوات في الولايات المتحدة الأمريكية عبر ١٥٠ عام، وعلي المستوي العالمي يري أرشيبالد Archibald (١٩٩٢) أن ما يربو علي ٢٣ ألف نوع أو تحت نوع نباتي تعتبر مهددة بالإنقراض ويمكن أن تنقرض خلال ٢٥-٣٠ سنة، ويري جرومبريدج Groombridge (١٩٩٢) أن تدمير المواطن البيئية هو أكبر مسبب لانقراض الأنواع وأن الأنواع محدودة التوزيع ونباتات الجزر أكثر عرضة للإنقراض من النباتات الأخري.



شكل ٤-٢: رسم تخطيطي لعدد الأنواع النباتية التي تنقرض كل عشر سنوات في الولايات المتحدة الأمريكية عبر ١٥٠ عام يتضح منه تزايد عدد الأنواع

حتى العقد السابع من القرن العشرين ثم تناقص العدد في العقود الأخيرة.

وتعاني كثير من أنواع الحيوانات أيضا من خطر الإنقراض، فقد جاء في القائمة الحمراء التي أعدها الإتحاد الدولي لصون الطبيعة أن ١١,٨% من الثدييات و١٠,٦% من الطيور و٣,٥% من الزواحف و٣,٦% من الأسماك مهددة

بالإنقراض، وتشمل أسباب إنقراض الحيوانات تجزؤ المواطن والإستغلال الجائر للأغراض التجارية، وقطع الأشجار، والاستيطان وجلب أنواع إفتراسية، والإبادة المتعمدة للأنواع الضارة، وتكثر الثدييات المهددة بالإنقراض في البلاد الإستوائية مثل البرازيل ومدغشقر وإندونيسيا بسبب تدمير الغابات، أما غالبية الزواحف والبرمائيات المهددة بالإنقراض والأسماك فتوجد في المناطق المعتدلة.

وفيما يتعلق بالموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة، فقد جاء في تقرير أصدرته منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة عام ١٩٩٦ عن حالة الموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة في العالم **ما يلي**:-

١- اختفاء نحو عشرة آلاف صنف من أصناف القمح التي كانت مستخدمة في الصين عام ١٩٤٩، وأن الأصناف التي كانت مستخدمة في السبعينات من القرن العشرين لم تتجاوز ألف صنف.

٢- يتعرض الشعير الأصلي في إثيوبيا لتآكل وراثي خطير وأن القمح الصلب في ذلك البلد قد تعرض للانقراض تماما.

٣- تعاني أصناف البطاطس المحلية في شيلي من الإنقراض وكذلك أصناف من الشوفان والشعير والعدس والبطيخ والطماطم.

٤- فقدان أصناف من محاصيل الخضر والحبوب كان الأمريكيون يزرعونها في القرن الماضي، لم يعد من الممكن العثور عليها سواء في الزراعة التجارية أو في أي من بنوك الموارد الوراثية الأمريكية.

٥- أن نحو ٨٦% من أصناف التفاح البالغ عددها ٧٠٨٩ صنفاً تشير الوثائق إلى أنها كانت تزرع بين عام ١٨٠٤ وعام ١٩٠٤ قد اندثرت.

٦- في بريطانيا تم احتفاء ما يربو على ٢٠٠ صنف من سلالات محلية من

الخضروات منها الكرنب والفجل.

٧- عند استنباط سلالات جديدة يتم استبعاد أصناف محلية وأنواع ما يسمي بالنبع الجيني Gene pool للمحصول، وهي اللأنواع التي انبثق منها المحصول، بما تحويه من جينات فيما يعرف بالتآكل الوراثى Genetic erosion، علي سبيل المثال فى إندونيسيا تم انتخاب أصناف محسنة من الأرز أغلبها منحدرة من نبات واحد مما أدي إلي استبعاد أصناف كثيرة من الأرز.

٨- فى الدول العربية يتم استجلاب أصناف محسنة من نباتات الحبوب والبقول والخضروات والفاكهة بل وحتى نباتات الزينة والنباتات الطبية واهمال السلالات المحلية بما يؤدى إلي انقراضها وذلك يسبب خسارة أصول وراثية غير قابلة للتعويض.

دواعي الحفاظ على التنوع الحيوى النباتي

لمواجهة التدهور المتسارع للموارد النباتية عمل المجتمع الدولى أقطاراً ومنظمات ومراكز إقليمية ودولية على بناء برامج ومنشآت للمحافظه على الموارد النباتية بصفة خاصة، وصيانتها وترشيد استخدامها لاستدامة الانتفاع منها موقعيا في الحقول والبرارى وفى بنوك الجينات، وقد حققت جهود المحافظة على الأنواع النباتية من الانقراض فى الولايات المتحدة الأمريكية بعض النجاح تمثل فى تناقص معدل انقراض الأنواع النباتية منذ العقد السابع من القرن العشرين. وهناك كثير من دواعى الحفاظ على التنوع الحيوى **لعل أهمها الأسباب التالية:-**

١- الحفاظ على التنوع البيئى للنظم البيئية لحفظ التوازن البيئي حول العالم.

٢- القيمة العلمية للنباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة.

٣- القيمة الاقتصادية للكائنات الحية النباتية والحيوانية والميكروبية.

٤- الحفاظ على موارد طبيعية حية وغير حية للأجيال القادمة.

٥- القيم الثقافية والاستخدامات الرمزية للنباتات والحيوانات.

٦- احترام حق الأنواع في الحياة.

٧- تنمية الموارد الطبيعية وتعظيم قيمتها الإقتصادية.

برامج الحفاظ علي التنوع الحيوي

في ضوء الإنقراض المتزايد لكثير من أنواع الكائنات الحية الطبيعية والأصول البرية للمحاصيل الإقتصادية، تصاعد الإهتمام الدولي بعقد العديد من المعاهدات والاتفاقيات في مجالات البيئة و بصفة خاصة حماية التنوع الحيوي، ويعمل المجتمع الدولي أقطاراً ومنظمات ومراكز إقليمية ودولية على بناء البرامج والمنشآت للمحافظة على الموارد الوراثية النباتية، خاصة منها المتعلقة بالأغذية والزراعة وترشيد تدبيرها واستدامة الانتفاع منها، مع ضمان حفظ حقوق المجتمعات المحلية والدول في الإنتفاع بثروتها الطبيعية وتأكيد ضرورة الاقتسام العادل والمنصف للمنافع الناتجة من استخدام هذه الموارد الوراثية، كل ذلك يمكن أن يتم من خلال بناء القدرات الفنية والبشرية ومن خلال إصدار الأطر القانونية والتشريعية والإدارية المناسبة، وبالطبع فإن ذلك لا يتحقق إلا في ظل سياسات ملتزمة وخطط علمية محكمة **بغرض تحقيق الأهداف الآتية**:-

١- استعراض حالة ووضع التنوع الحيوي وبصفة خاصة للموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة.

٢- تحليل الوضع الحالي لتحديد مواطن القوة والضعف في البرامج الحالية للإنطلاق منها لمعالجة الخلل وتعزيز مكامن القوة والاستفادة من الفرص المتاحة ومجابهة التهديدات.

٣- اقتراح ملامح أساسية للعمل الدولي والقومي من أجل الاستخدام المستدام للموارد الوراثية بما يحفظ حقوق الأجيال التالية.

٤- وضع خطط وتحديد الطرق المناسبة لحفظ الأصول الوراثية في الدول المختلفة والتعاون في سبيل تنفيذها.

٥- وضع برامج لتعظيم القيمة الإقتصادية للموارد النباتية.

الجهود الدولية لحماية التنوع الحيوي

بدأ الاهتمام بقضية التنوع الحيوي على المستوى الدولي منذ أربعينيات القرن العشرين، فعلى سبيل المثال عقدت الاتفاقية الدولية لتنظيم صيد الحيتان سنة ١٩٤٦ ثم عدلت عام ١٩٥٦، وكذلك الاتفاقية التي وقعت سنة ١٩٤٩ بهدف إنشاء مجلس عام لمصايد أسماك البحر المتوسط، ثم تلا ذلك عقد الاتفاقية الأفريقية للحفاظ على الطبيعة وصيانة الموارد الطبيعية في عام ١٩٦٨. ثم جاءت اتفاقية الاتجار العالمي في الأنواع المهددة بالانقراض في سويسرا عام ١٩٧٣ بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة United Nations Environment's Program (UNEP)، ودخل في هذه الاتفاقية حتى الآن نحو ١٢٠ دولة. وقد تم رصد الأنواع الواجب حمايتها من الاتجار العالمي في شكل قوائم وافقت الدول الأعضاء على حظر الاتجار بها. وبمرور الوقت ومع تنامي الشعور العالمي بأهمية البيئة وإدراك حجم الأثر السلبي الذي يخلفه الإنسان على بيئته عقدت قمة الأرض في ريو دي جانيرو ١٩٩٢ بالبرازيل، التي شهدت توقيع الاتفاقية الدولية الخاصة بالحفاظ على التنوع الحيوي، وكان من أهم أهدافها وأكثرها واقعية تحديد كيفية دمج عمليات صيانة الموارد البيولوجية في الخطط التنموية بصورة أكثر فاعلية.

وقد شاركت منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) التابعة أيضا لهيئة الأمم المتحدة Food and Agricultural Organization (FAO) في جهود المحافظة علي التنوع الحيوي عندما جعلت عام ٢٠٠٤ عام "التنوع الحيوي من أجل تحقيق الأمن الغذائي" وهو ما يلفت النظر إلي أن التنوع الحيوي ليس قضية تثار على سبيل الترف وإنما تمس الإنسان في أول متطلباته وهو قوت يومه. ومن أشهر اللإتفاقيات الدولية لصيانة البيئة اتفاقية كيوتو التي وقعتها ١٤١ دولة وتلزم الاتفاقية الدول الصناعية المتقدمة بخفض إنبعاث الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري إلي مستويات عام ١٩٩٠ بحلول عام ٢٠١٢.

طرق حفظ الموارد الوراثية النباتية

تتمثل الموارد الوراثية للنباتات الإقتصادية في نباتات النبع الجيني Gene pool للمحاصيل وهي الأصول البرية التي شاركت في نشوء المحاصيل والتي تمثل مخزون استراتيجى للمصادر الوراثية للمحاصيل، كما تشمل أيضا أصناف وسلالات المحاصيل التي يزرعها الإنسان حول العالم. وتوجد عدة طرق عملية لحفظ الموارد الوراثية النباتية منها بعض الطرق المعروفة منذ سنوات طويلة ومنها طرق حديثة باستخدام زراعة الخلايا والأنسجة وتقنيات **الحامض النووي أهمها الطرق التالية:-**

١- إنشاء المحميات الطبيعية لحفظ النباتات في مواطنها الأصلية.

٢- إنشاء الحدائق النباتية لزراعة وإكثار النباتات ذات الأهمية الإقتصادية والقيمة الجمالية أو تلك المهددة بالإنقراض.

٣- إنشاء المعشبات لحفظ العينات النباتية جافة.

٤- إنشاء بنك للبذور وحفظها عند درجات حرارة باردة حتي لا تفقد حيويتها أو تصيبها الآفات أو الميكروبات.

٥- إستنبات وإكثار النباتات الهامة في أنابيب اختبار باستخدام تقنية مزارع الخلايا والأنسجة النباتية.

٦- إستنبات نباتات وحيدة المجموعة الكروموسومية وحفظها كمصادر وراثية.

٧- إستنبات وزراعة الأجنة ذات فترات الكمون الطويلة باستخدام طرق خاصة لمزارع الأنسجة النباتية.

٨- استخلاص الحامض النووي واستنساله بطرق الهندسة الوراثية وحفظه في أنابيب اختبار عند درجات حرارة شديدة البرودة تتراوح بين -٨٠°م في ثلاجات خاصة أو-١٨٠°م في النيتروجين السائل.

دور التقنيات الحيوية في حفظ التنوع الحيوى للنباتات

التقنيات الحيوية Biotechnology هى التقنيات التي تستخدم لاستغلال الكائنات الحية أو مواد مستخلصة منها للحصول على منتج نهائى له قيمة تجارية، وفى خلال العقود الثلاث الأخيرة أثمرت طرق زراعة الأنسجة والخلايا والهندسة الوراثية العديد من التطبيقات الهامة فى مجال زيادة الإنتاج النباتى والحيوانى وحماية البيئة للتخلص من الملوثات والنفايات الضارة وقد يوفر التحوير الوراثى للمحاصيل بعض الجوانب الايجابية للتنوع الحيوى **لعل أهمها**:-

١- أن تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية سوف يقلل من اقتلاع الكساء الخضرى الطبيعى لتحويل الأرض إلي أراضى زراعية لتلبية حاجة الناس المتزايدة أعدادهم للطعام والكساء والدواء.

٢- أن تحسين مقاومة النباتات للآفات والأمراض بنقل جينات إليها سوف يقلل من استخدام المبيدات والمخصبات التي تضر بالتربة وتسبب تلوث البيئة.

٣- أن تحوير النباتات لامتصاص العناصر الثقيلة من التربة أو مصادر المياة سوف يقلل من تلوث التربة والمياة، ويؤدى إلي تنظيف البيئة من مواد ضارة بما يساعد فى استقرار النظم البيئية.

٤- أن تحوير نباتات المحاصيل الزراعية لإنتاج عقاقير طبية سوف يعمل على ترشيد استخدام النباتات الطبية في العلاج الشعبة وصناعة الدواء.

٥- يمكن تحوير النباتات النادرة المهددة بالانقراض بجينات تعمل على حفظها من الانقراض بل وإكثارها فى مواطنها الطبيعية.

٦- يمكن تحوير بعض النباتات لإنتاج وقود بما يقلل من اقتلاع الأشجار لاستخدامها كمصدر للوقود.

مخاطر التحوير الوراثى على التنوع الحيوى للنباتات

أما عن مخاطر التحوير الوراثى على التنوع الحيوى فهى كثيرة ومتعددة، وتنال تلك المخاطر اهتمام كثير من المهتمين بحماية البيئة والمتحفظين على التصاعد المتزايد لتقنيات التحوير الوراثى من قبل شركات الاستثمار التجارى للكائنات المحورة وراثيا بهدف الربح السريع، كما تفعل شركات التقنيات الحيوية الجديدة التى تنظم حملات دعائية لتشجيع القبول الجماهيرى للتحوير الوراثى، ويمكن إيجاز المخاطر التى قد تنشأ عن انتشار النباتات المحورة وراثيا **فى الأسباب التالية**:-

١- أن كثير من الجينات المدخلة إلي النباتات أو الحيوانات من أصل بكتيرى أو فيروسى وهى بعيدة الصلة عن الكائن المتلقى، وقد لا تكون من مكونات السلسلة الغذائية للنظام البيئى للكائن المتلقى وذلك قد يسبب تغيرات فى تكرار الجينات فى الجماعات بما قد يؤثر علي استقرار المجتمعات الحيوية.

٢- أن كثير من الجينات المنقولة قد تؤدى إلي طرز وراثية غير متوقعة وأنماط

تعبير جيني غير مألوفة، قد ينشأ عنها صفات غير متوقعة وغير مطلوبة.

٣- أن الجينات المنقولة بهدف مقاومة الآفات تسبب تراكم المواد السامة للآفات في أنسجة النبات بما قد يؤثر على قيمته المحصولية كما تنتقل إلي البيئة المحيطة بما قد يؤثر على الكائنات الدقيقة بها.

٤- قد يؤدى إدخال نباتات محورة وراثيا إلي مجتمع طبيعى إلي فقد الكساء الخضرى الطبيعى نتيجة غزو النباتات الجديدة المحورة وراثيا والتى قد تكون أكثر قدرة على المنافسة.

٥- اختراق جينوم أصناف غير مستهدفة نتيجة انتقال الجينات المحورة إليها عبر التهجين بما يؤدى إلي تلوث تكوينها الوراثى بجينات غريبة.

٦- لعل أهم مخاطر النباتات المحورة وراثيا هو احتمال تحولها إلي الحالة العشبية، ولعل أبرز السمات العشبية التى يمكن أن تكتسبها النباتات المحورة وراثيا هى القدرة على المنافسة والتأقلم مع التغيرات فى عوامل البيئة والمقاومة للآفات والأمراض والاحتفاظ بمواد سامة أو آليلوباثية Allelopathic substances والتأقلم مع كائنات دقيقة متكافلة جديدة والتوافق الجنسى مع السلالات المحلية والأعشاب المتوطنة. وتمثل بعض المجموعات النباتية مثل النجيليات Grasses والخردليات Brassicas مخاطر بدرجة أكبر من النباتات الأخرى لكثرة الحشائش والأعشاب فى نبعها الجينى، وأنها هوائية وخلطية التلقيح، وأنها تتكاثر كالحشائش خضريا بسهولة، ولأن النجيليات تستطيع الانتشار لمسافات طويلة، وأن الخردليات ليست معزولة وراثيا وأنها تتهجن مع بعضها ومع نباتات نبعها الجيني دون عوائق.

المحميات الطبيعية

ظهرت الحاجة إلي المحميات الطبيعية منذ النصف الثاني من القرن التاسع عشر مع ملاحظة تناقص عدد أفراد بعض أنواع من النباتات والحيوانات وزيادة عدد الأنواع المهددة بالإنقراض، إلا أن وجود المحميات الطبيعية حتي عام ١٩٧٠كان قاصراً علي بعض الدول الصناعية، ورغم ذلك يعد مصطلح المحمية الحيوية مصطلحاً ومفهوماً بيئياً مستحدثاً في مجال صيانة موارد البيئة الحيوية وحمايتها وتنميتها، فقد برزت إرهاصات هذا المصطلح في العصر الحديث ضمن برنامج الإنسان والمحيط الحيوي الذي طرح في مؤتمر البيئة الحيوية بدعوة من منظمة اليونسكو في باريس في سبتمبر ١٩٦٨، وهو المؤتمر الذي أوصى بضرورة وضع مجموعة من المعايير والأسس التي تتحقق بموجبها الصيانة لهذه النظم الحيوية من التدهور والاستتراف. وكان من أهم التوصيات التي أقرها هذا المؤتمر ضرورة صيانة النظم البيئية للسلالات النباتية والحيوانية البرية بما يضمن استمرار وجودها. وقد تمخض عن ظهور أول تسمية للمحمية الحيوية عام ١٩٧٠ ضمن الخطة المقترحة لوضع سياسة الإنسان والمحيط الحيوي الخاص بصون المناطق الطبيعية وما تضمه من سلالات أحيائية.

ومع تنامي الشعور العالمي بأهمية البيئة وإدراك حجم الأثر السلبي الذي يخلفه الإنسان عليها؛ أثيرت قضية المحميات الحيوية في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة البشرية الذي عقد في مدينة إستوكهولم عام ١٩٧٢، وأقر المؤتمر توصية بضرورة إنشاء شبكة عالمية من المحميات الحيوية (الطبيعية) بما يضمن بقاء وصيانة نماذج منتخبة تمثل مجموعة النظم الحيوية العالمية المختلفة لضمان حفظ التنوع الحيوي.

وفي هذا الإطار جاء تعريف المحميات الطبيعية Natural reserves أنها مناطق تعيش فيها نباتات وحيوانات برية أو بحرية مهددة بالانقراض أو نادرة يمنع فيها الصيد والرعي منعاً باتاً أو يتم بصورة منظمة تخضع للوائح ومعايير يضعها الخبراء استناداً إلى دراسة الحياة البرية في هذه المنطقة.

وفي عام ١٩٧٥نشر الإتحاد الدولي لصيانة الطبيعة والموارد الطبيعية IUCNخريطة للأقاليم الجغرافية الحيوية تضمنت ١٩٣ إقليماً رئيسياً وفرعياً يتم من خلالها اختيار محميات هذه الشبكة العالمية والتي كان من أهم أهدافها وأكثرها واقعية تحديد كيفية دمج عمليات صيانة الموارد البيولوجية في الخطط التنموية بصورة أكثر فاعلية مما دفع بعدد المحميات الطبيعية من عدة مئات تشغل مساحة صغيرة من الأرض لا تتجاوز بضع مئات من الكيلومترات المربعة عام ١٩٧٠ إلى ما يفوق ٨٠٠٠ محمية تحتل مساحة تقترب من ٨ مليون كيلو متر مربع (**شكل ٤-٣**).

وقد تستهدف المحمية الطبيعية صون نوع واحد من الإنقراض كما هو الحال في محمية Wood buffalo في شمال ألبرتا بكندا والتي أنشأت لحماية الثور الأميركي بعد أن تناقص عدده من ٧٥ مليون حيوان عند الغزو الأوربي لأمريكا الشمالية إلى ١٥٠حيوان فقط عام ١٨٨٩، وكذلك محمية Kaziranga santuri في شمال الهند لحماية وحيد القرن الهندي، وقد تقام المحميات لصون تراكيب جيولوجية نادرة، أو من أجل نقاء وجمال بيئة طبيعية معينة.

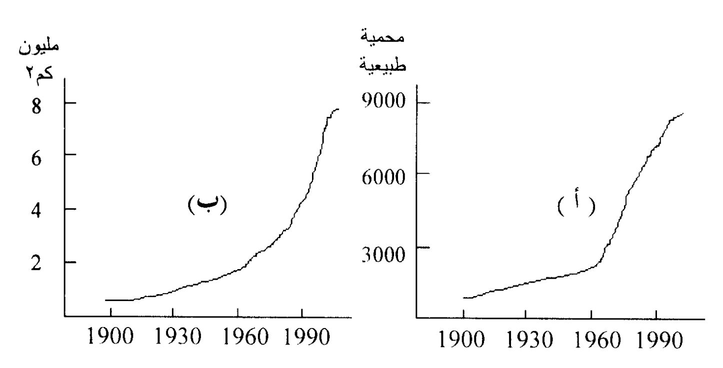
وتتصف المحمية الحيوية بمجموعة من الخصائص أهمها:-

١- أن تمثل نموذجاً من الأقاليم الجغرافية الحيوية الطبيعية.

٢- أن تمثل نظاماً بيئياً منتخباً بعناية، وعلى أسس علمية مدروسة.

٣- أن تكون ذات مساحة كبيرة بدرجة كافية بحيث تصبح وحدة صيانة مؤثرة وفاعلة من خلال ما تقدمه من فرص للبحث العلمي والتدريب والمراقبة البيئية، بما لا يعترض أهداف التنمية المستدامة.

٤- أن تكون نظاماً بيئياً قادراً على استعادة وضعه الطبيعي لو حدث أن أصاب بعض مناطقه حالة من التدهور أو التغيير.



شكل ٤-٣:رسم بياني يوضح تزايد عدد المحميات الطبيعية (أ) ومساحتها بالمليون هكتار (ب) خلال القرن العشرين.

وقد أثبت نظام المحميات الطبيعية جدواه في ضمان استمرار حياة الكثير من النباتات والحيوانات البرية في ظل توازن طبيعي بعيداً عن تأثير الإنسان، فرغم أن التأييد المبكر لإنشاء المحميات الطبيعية يأتي دائما من جماعات الضغط البيئية التي تنبع من قيم مثالية مثل الرفق والجمال والإنسانية ورغم أن أهداف إنشاء المحمية قد تكون أغراض علمية محضة، فإن برامج صون المحميات الطبيعية من خلال إدارة اقتصادية جيدة يمكن أن تجعلها مشروعات ناجحة للتنمية لا تتعارض مع خطط التنمية المستدامة، فالمحميات يمكن أن تكون شكل من أشكال استثمار الأرض بهدف

صون مواردها الطبيعية من خلال السعي إلي دمج هذا النشاط ضمن برامج التخطيط المحلية والقومية، يأتي ذلك بإبراز مشاهد الجمال بالمناطق المحمية وإتاحة مناطق ترفيه بها والسماح للجمهور والسائحين بزيارة المحميات مقابل رسوم التمتع بمشاهد جمال الطبيعة وتأمل التنوع فيها.

أهداف ووظائف المحميات الطبيعية

حدد برنامج الإنسان والمحيط الحيوي Man and Biosphere عام ١٩٧٤ الأهداف والوظائف الرئيسية التي تعمل المحميات الحيوية على تحقيقها، بما يجعل منها أداة فاعلة لصيانة الموارد الاقتصادية، **ومن أهم هذه الأهداف والوظائف ما يلي:-**

١- صون التنوع والتكامل الوراثي للسلالات النباتية والحيوانية داخل نظمها البيئية الطبيعية وشبه الطبيعية من أجل تأمين وجودها وبقاء تنوعها.

٢- التأكيد على صون نظم بيئية بصفة عامة أكثر من الاتجاه نحو صون أنواع أحيائية معينة، رغم أن صون أنواع معينة وبخاصة ما هو معرض منها لخطر التدهور والانقراض مهم ويستحق الدعم.

٣- توفير مساحات ومناطق مناسبة وملائمة للأبحاث البيئية والحيوية سواء داخل المحمية أو بالقرب منها، **وتوجد ثلاث مجالات للأبحاث هي :-**

أ- أبحاث أساسية مسحية لدراسة التركيب الجيولوجي والفيزيائي والخصائص المناخية والبيولوجية للمحمية، وهي خطوة مهمة لتحقيق صيانة المحمية.

ب- أبحاث تحليلية لدراسة وظائف النظم البيئية وتركيبها ووسائل صيانتها، وتحديد أنماط استخدام المناطق المحمية بما يحقق التنمية والصيانة معاً.

ج- أبحاث مقارنة بين الأنظمة البيئية الحيوية من حيث طرق إدارتها ومردود العوامل البشرية المؤثرة في مكوناتها.

وتكمن أهمية هذه الأبحاث والدراسات في كونها تعمل على توفير رصيد ضخم من المعلومات والنتائج والأفكار التي تعد أساسية للاستعانة بها في تنمية شبكة المحميات الحيوية وتطويرها.

٤- تعد المحميات الحيوية مركزاً مهماً للتعليم والتدريب البيئي الحيوي Bioecology لمديري المحميات والعاملين بها والسكان المحليين من أجل خلق الكفاءات الفنية القادرة على التعامل مع النظم البيئية لهذه المحميات على أسس علمية سليمة وقدرات إدارية عالية.

٥- توفر المحميات الحيوية درجة من المراقبة البيئية المستمرة لرصد التغيرات التي تحدث في مكونات المحيط الحيوي على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي ليتسنى مواجهتها آثارها والعمل على وقفها في الوقت المناسب من خلال إقامة محطات رصد خاصة والاستعانة بصور الأقمار الصناعية التي تدعم فكرة المراقبة البيئية العالمية.

٦- تطوير البعد الإجتماعي المتمثل في سلوكيات الإنسان وأنشطته المختلفة داخل نطاق المحمية، ويتبين من هذا الهدف أن المحمية الحيوية نظام بيئي (إيكولوجي) مفتوح ومرن يتسم بالحركية كما يؤكد دور المحميات في تحقيق تنمية مستدامة بيئياً.

٧- تمدنا شبكة المحميات بإطار عمل دولي وإقليمي تتعاون من خلاله الدول المختلفة في مجال والبحث العلمي وصيانة البيئة وحمايتها ومراقبتها وتبادل المعلومات بينهم، وهو هدف ذو أهمية بالغة؛ لأنه يقضي على ظاهرة الأعمال الفردية والإنعزالية التي تحرمنا من الاستفادة من خبرات الآخرين، فضلاً عن تفادي هدر الجهد في التوصل إلي نتائج أصبحت معروفة ومؤكدة سلفاً.

تصميم المحميات الطبيعية

عند تصميم المحميات الطبيعية يكون الشكل شبه المستدير للمنطقة التي تقام عليها أفضل من الشكل المربع أو المستطيل، وتكون المنطقة الكبيرة أفضل من مجموعة مناطق صغيرة، رغم أن المناطق الصغيرة قد تضم عدداً من الأنواع أكثر من عدد الأنواع في منطقة كبيرة، ورغم أن عدد الأنواع هو العامل الأكثر أهمية عند اختيار المناطق المحمية فلا يجوز اعتبار الأنواع مجرد أرقام لأن بعض الأنواع قد تكون أولي بالحماية من غيرها، مثال ذلك الأنواع المهددة بالإنقراض والأنواع المحورية التي تعتمد عليها حياة أنواع أخري، كما يجوز حماية بعض المناطق أو البحيرات لجمالها الطبيعي بصرف النظر عن عدد الأنواع بها، إلا أن الغني النوعي Species richness يكون ذو أهمية إذا تناسب مع بعض الأغراض الإقتصادية والاجتماعية والسياحية المستهدفة من إنشاء المحمية الطبيعية، من أجل ذلك تجب دراسة البيئة الذاتية للأنواع من أجل تحديد المتطلبات البيئية للأنواع التي تستوجب الحماية.

أنواع المحميات الطبيعية

حدد الإتحاد الدولي لصون الطبيعة IUCN عشرة أنواع من المحميات الطبيعية لكل منها أهداف محددة **يمكن إيجاز خصائصها كالتالي**:-

١- الحديقة الوطنية

الحديقة الوطنية National park هي مساحة كبيرة من الأرض قد تضم بحيرات وتشمل نماذج متنوعة من المجتمعات النباتية والحيوانية ومناظر طبيعية ذات قيمة جمالية لأغراض علمية وتعليمية وسياحية وترفيهية، ويمكن التدخل من قبل الإدارة بهدف المحافظة علي النظام البيئي بالحديقة وضمان استمرار العمليات البيئية

بها، وغالبا ما تكون هذه المحميات مفتوحة للجمهور والسائحين ويسمح بالصيد في حدود معينة وبتصاريح خاصة وغالبا ما يكون بها ممرات خاصة للزوار، كما قد تضم طرقاً للسيارات في بعض أماكنها. وتجدر الإشارة أن الحدائق الوطنية هي أكثر المحميات شيوعاً في الدول الأوربية والولايات المتحدة وبعض الدول الأفريقية وأن إنشاء بعضها يعود إلي القرن التاسع عشر.

٢- المحمية الطبيعية المحضة

المحمية الطبيعية المحضة Strict nature reserve هي مساحة من الأرض يتم حفظها كما هي لأغراض علمية بحتة بهدف المحافظة علي النظام البيئي وضمان استمرار العمليات البيئية دون تدخل ومن ثم يمنع فيها الصيد والرعي منعاً باتاً، وغالبا ما تكون هذه المحميات مغلقة للجمهور والسائحين ويسمح للجهات العلمية بتسجيل قراءات ومشاهدات وتسجيلات علمية. والهدف الأساسي لهذا النوع من المحميات هو المحافظة على استمرار النظم والعمليات البيئية دون أي تدخل مؤثر خارجها، حتى يمكن الحصول على قراءات وتسجيلات علمية مستمرة لهذه العمليات.

٣- المحمية الطبيعية غير المحضة

المحمية الطبيعية غير المحضة Managed nature reserve هي مساحة من الأرض أو الماء يتم حمايتها وإدارتها لضمان بقاء أنواع خاصة من النباتات أو الحيوانات النادرة من أجل استمرار بقائها، أو لإتاحة فرصة للطيور المهاجرة للراحة والنشاط بصورة طبيعية قبل استئناف رحلتها دون تدخل ومن ثم يمنع فيها الصيد منعاً باتاً، وغالبا ما تكون هذه المحميات مغلقة للجمهور والسائحين وقد يسمح ببعض الاستخدام الإقتصادي في أضيق الحدود بما لا يتعارض مع الهدف من إقامتها ويلبي في نفس الوقت احتياجات السكان الضرورية.

٤– محمية الموارد الطبيعية

محمية الموارد الطبيعية Resources reserve هي منطقة تحوي موارد غير معلومة علي وجه اليقين أو حديثة الإكتشاف يتم حمايتها كما هي ويمنع فيها الصيد والرعي منعاً باتاً حتي تتاح الفرصة لإجراء الدراسات وجمع البيانات اللازمة لاتخاذ قرار بشأن نمط حمايتها أو وضع نظم الاستغلال المنظم لها دون أن تتدهور مكوناتها.

٥– محمية الموارد متعددة الأغراض

محمية الموارد متعددة الأغراض Multiple use managed reserve هي منطقة بها موارد طبيعية وثروات يستخدمها الإنسان لأغراض التنمية الإقتصادية والإجتماعية، ويؤدي الاستخدام الأمثل متعدد الأغراض لمثل هذه المحمية إلي حماية الموارد الطبيعية التي يخشي إهدارها أو تبديدها، مثال ذلك تنظيم استخدام موارد المياة والمراعي الطبيعية بل والمسطحات الواسعة الصالحة لأغراض الرياضة والترفيه، وغالبا ما تشمل إدارة هذه المحمية تقسيمها إلي مناطق طبقا لأسلوب استخدامها بما يتيح الحماية للموارد الموجودة بها بما يتوافق مع احتياجات التنمية المستدامة.

٦– محمية الحياة التقليدية

محمية الحياة التقليدية Anthropological reserve هي مواطن بها موارد طبيعية يستخدمها السكان المحليون، غالبا في العالم الثالث، بطرق تقليدية بسيطة دون تغيير جذري في نمط الاستغلال منذ آلاف السنين، ومن ثم دون خوف من تدهور الموارد، ولهذه المحميات أهمية ثقافية وعلمية وسياحية وجمالية، فمن خلال تعلم الأساليب التقليدية لإدارة الموارد دون تبديدها يمكن الحفاظ علي مواطن الحياة التقليدية مع تشجيع السكان علي تحسين مستوي معيشتهم من خلال تشجيع السياحة البيئية وتطوير الصناعات اليدوية وبيعها للسواح.

٧- محمية المشاهد الجمالية

محمية المشاهد الجمالية Protected landscape هي مناطق تضم مشاهد طبيعية ذات أهمية ثقافية أو فنية أو ترويحية خاصة توالي استخدام الإنسان لها بأسلوب معين علي مدي زمني طويل أو الإبقاء عليها كمكان للنزهة والترويح مثل نماذج من الأراضي أو المياة بما تضمه من كائنات حية وتراكيب جيولوجية جديرة بالحفظ، والهدف من محمية المشاهد الجمالية هو ترويحي وسياحي كما أنها تخدم في نفس الوقت أغراض علمية وتعليمية.

٨- الأثر القومي الطبيعي

الأثر القومي الطبيعي Natural monument هو تجمع من النباتات والحيوانات أو تكوين جيولوجي ذو أهمية ثقافية أو علمية أو تعليمية تقوم الدولة بحمايته خشية التعدي عليه أوتدهوره، مثال ذلك بعض الوديان والواحات التي تعيش بها أنواع خاصة من النباتات والحيوانات وكذلك الشلالات والعيون والكهوف الطبيعية.

٩- محمية التراث العالمي

محمية التراث العالمي World heritage site هي منطقة محمية بهدف حماية التراث الطبيعي، وهي تحتوي على مواقع لها أهمية عالمية جديرة بالاهتمام والحماية، وتقوم الجهات العلمية بتسجيل قراءات ومشاهدات وتسجيلات علمية منظمة لمكوناتها، وتتصل محميات التراث الطبيعي بتطبيق الاتفاقية الدولية لحماية التراث الثقافي والطبيعي، ويشارك في الإشراف عليها مع منظمات البيئة منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (يونيسكو UNESCO).

١٠- محمية المحيط الحيوي

محمية المحيط الحيوي Biosphere reserve بهدف المحافظة على عناصر التجمعات الأحيائية من حيوانات ونباتات وتراكيب جيولوجية في إطار النظم البيئية الطبيعية دون المساس بالاستخدامات التقليدية للأراضي مثل الزراعة أوالرعي، اقترح برنامج الإنسان والمحيط الحيوي MAB التابع لليونسكو إقامة هذا النوع من المحميات عام ١٩٧١، وتجمع محمية المحيط الحيوي بين أغراض المحميات الطبيعية ذات الطابع العلمي والمحميات الطبيعية لصون الأنواع ومحمية الحياة التقليدية، فهي تهدف إلي صون التنوع الحيوي البيئي والوراثي المتميز بما يتيح الحماية للموارد الموجودة بها بما يتوافق مع احتياجات التنمية المستدامة، كما تتيح فرص للبحوث والدراسات البيئية الأساسية التي تشمل الرصد البيئي طويل الأمد.

المحميات الطبيعية في بعض دول العالم

تقدر المساحة التي يجب حمايتها في دول العالم بحوالي ٢٠% من مساحتها الكلية، إلا أن هذه النسبة تختلف بين الدول فبينما تقل عن ١% في أفغانستان فإنها تصل إلي أكثر من ٩٣% من مساحة جزيرة سيشيل في البحر الأبيض المتوسط التي تكاد أن تكون كلها محمية طبيعية، ومن الدول التي جعلت نسبة كبيرة من أراضيها محميات طبيعية دولة السلوفاك (٧٢%) والدنمارك (٣٢%) وألمانيا (٢٦%) في أوربا والإكوادور (٢٤%) وشيلي (١٨%) في أمريكا الجنوبية.

وفي المملكة العربية السعودية تصل النسبة المئوية لأراضي المحميات الطبيعية حوالي ٤% ويوجد بها ١٦ محمية تتولي الإشراف عليها الهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وإنمائها، منها ثلاث جزر بحرية واحدة في الخليج العربي عند الجبيل واثنتان في البحر الأحمر هما محمية جزر فرسان عند جيزان وأم القماري، ومن المحميات

الأرضية الشهيرة في المملكة محميات جرف ريدة بعسير وشدا الأعلي في الباحة وحوطة بني تميم في نجد.

وفي دولة الإمارات العربية المتحدة يوجد ١٤ محمية طبيعية منها سبعة محميات بحرية و٦ محميات برية ومحمية برية بحرية، أكبر هذه المحميات محمية مروح في إمارة أبو ظبي وتبلغ مساحتها حوالي ٤٢٥٥ كم٢، وتشمل الجزر البحرية ومناطق ضحلة تتكشف جزئياً أثناء الجزر المنخفض لمياة الخليج العربي.

وفي جمهورية مصر العربية يصل عدد المحميات إلي ٢٤ محمية تصل مساحتها ما يقرب من ٨٠٠ ألف كم٢ تعادل حوالي ٨% من مساحة مصر، أكبرها محمية جبل علبة في جنوب شرق مصر علي ساحل البحر الأحمر وتبلغ مساحتها ٣٥٦٠٠ كم٢، أما أقدم المحميات الطبيعية في مصر فهي محمية رأس محمد التي تم إنشائها عام ١٩٨٣ وتقع عند إلتقاء البحر الأحمر بجنوب شبه جزيرة سيناء عند شرم الشيخ. وتتضمن خطة وزارة البيئة المصرية إنشاء ١٥ محمية في ١٢ موقع تبلغ مساحتها ١٠٠ ألف كم٢ لتصل نسبة المساحة المحمية في مصر إلي ١٨% من مساحتها الكلية. وتندرج المحميات الطبيعية في مصر تحت ثمانية أنواع من المحميات الطبيعية هي الموارد الطبيعية، المحيط الحيوي، التراث العالمي، المحمية متعددة الأغراض، الحدائق الوطنية، المناظر الطبيعية، الحياة التقليدية والأثر القومي.

الفصل الرابع

التصحر و سبل مقاومته

تعريف التصحر

ظل تعريف التصحر Desertification لفترة ليست قصيرة موضع نقاش من قبل هيئات الأمم المتحدة المعنية بالبيئة، إلي أن أقر في عام ١٩٩٤ ضمن اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر تعريفاً ينص علي أن التصحر هو "تناقص قدرة الإنتاج البيولوجي للأرض أو تدهوره في المناطق القاحلة وشبه القاحلة وفي المناطق الجافة وشبه الرطبة تحت وطأة الظروف البيئية الصعبة والمتقلبة مثل تغيرات المناخ وأيضا عن سوء الاستغلال البشري للموارد الطبيعية". ويدل التصحر على أن الأنشطة الإنسانية غير مناسبة في درجاتها أو نوعيتها كما يدل أيضاً على نقص في المعرفة أو الخبرة البيئية أو الطرق البديلة لاستغلال الموارد البيولوجية، أو إلي السعي إلي تكثيف المكاسب القصيرة الأجل على حساب الإنتاجية في المدى الطويل.

تطور مشكلة التصحر

مشكلة التصحر ليست من المشاكل البيئية المستحدثة في تاريخ البشرية، فقد كان التصحر أحد العوامل الكبرى في تدمير الحضارات الإنسانية في أزمنة سالفة، ونذكر على سبيل المثال أن تراكم الأملاح في بلاد السومريين والبابليين وجفاف الأرض المتزايد في بلاد الهارابيين كانت أهم العوامل التي تسببت في تدمير الأساس الزراعي في تلك البلاد، كما نذكر أيضاً أن المناطق الساحلية الأفريقية على البحر الأبيض المتوسط كانت أكثر إنتاجاً في العصر الروماني مما هي عليه الآن.

ويقدر الخبراء أن مساحة الأرض المنتجة التي فقدها الإنسان نتيجة تغير بيئة الأرض المنتجة إلي بيئة صحراوية مساوية لمساحة الأرض التي بقيت الآن لإنتاج المحاصيل والمراعي. وهناك اعتقاد بين الخبراء بأن معدلات فقد الأراضي أو نقص إنتاجيتها بسبب التصحر يزداد بمرور الوقت في السنوات الأخيرة، وقد وصل إلي معدلات تقدر بخمسين ألف كيلو متر مربع في السنة، وأن مساحة الأرض التي يهددها التصحر حالياً تبلغ ٣٠ مليون كيلو متر مربع وهي موطن أكثر من مليار إنسان وهذه الأرقام بالغة الأهمية في عالم تهدده مخاطر نقص الغذاء. وأغلب المناطق المعرضة للتصحر تقع في الدول النامية في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية ومنطقة الكاريبي. ويقدر برنامج الأمم المتحدة للبيئة قيمة الإنتاج التي تفقد سنويا في الدول النامية بسبب التصحر بـــ ١٦ مليار دولار، هذا التقدير لا يتضمن تكاليف التصحر الجانبية الناتجة مثلا من تملح المجاري السفلى للسدود والتي تشير التقارير بأن تكلفتها كبيرة إذ تبلغ ٦٠ مليون دولار في السنة.

تعد ظاهرة التصحر من المشاكل الرئيسية والتي تهدد جزءًا كبيرًا من سكان المناطق الجافة وشبه الجافة في جميع أرجاء العالم، ومن أمثلة مخاطر التصحر في العصر الحديث ذلك الجفاف الذي أصاب منطقة الساحل بأفريقيا خلال العقود الأخـــيرة من القرن العشرين فهو في واقع الأمر مثال حي لظاهرة التصحر، حيـــث تـــوإلي الجفاف على عدد من البلاد الأفريقية على فترتين، الأولى في نهاية الستينات وبداية السبعينيات وبداية الثمانينيات الميلادية، ففي سنة ١٩٧٣، وهي السنة الخامسة على التوالي للجفاف الذي حدث في عدة بلاد أفريقية انخفضت معدلات الأمطار بدرجة كبيرة عن معدلاتها الطبيعية، وترتب على ذلك أن انحسرت بحيرة تشاد إلي ثلـــث مساحتها الطبيعية، و لم تفض أنهار النيجر والسنغال فتوقف بذلك إنتاج المحاصيل في أراضي خمس دول هي النيجر ومالي وفولتا العليا والسنغال وموريتانيـــا وبقيـــت

أراضي هذه الدول تكتنفها شقوق الجفاف وانخفض منسوب الماء الأراضي فجفت الآبار الضحلة في مناطق من الساحل بلغت مساحتها خمسة ملايين كيلو متر مربع.

وخلال الموجة الثانية من الجفاف التي اجتاحت مناطق أفريقية أيضاً في تشاد والسودان وبعض مناطق إثيوبيا منذ نهاية السبعينيات وحتى سنة ١٩٨٥ لم تسقط الأمطار خلال خمس سنوات وجفت الآبار وماتت النباتات فلم تنمُ نباتات المحاصيل، وداهم الخطر الرعاة فباعوا قطعان الماشية الجائعة أو ذبحوها أو دفعوا بها إلي الشرق والجنوب في محاولة بائسة للبحث عن المراعي مخلفين وراءهم أراضي جرداء ظهرت في الأقمار الصناعية وكأن الصحراء الكبرى تمتد نحو الجنوب والشرق، وقدرت الخسائر في الأرواح نتيجة ذلك الجفاف الأفريقي بنحو مليون نسمة وبلغ الفقد في قطعان الماشية وهي المصدر الرئيسي للثروة في تلك البلاد درجة كبيرة قدرت بما يصل إلي ٩٠% في دولة مالي.

وفي أرجاء العالم العربي تشير الأرقام إلي أن حوالي ٣٥٧ ألف كم٢ من الأراضي الزراعية أو الصالحة للزراعةأي نحو ١٨% من مساحتها الكلية والبالغة حوالي ٢ مليون كم٢، أصبحت واقعة تحت تأثير التصحر. ومن الأمثلة على فداحة التصحر في الدول العربية تحول ٦٥٠ ألف كم٢ في المناطق الواقعة على أطراف الصحراء الكبرى في كل من مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب وموريتانيا إلي أراض متصحرة خلال ٥٠ سنة فقط وفي السودان تقدم خط جبهة التصحر بمعدل ٩٠ إلي ١٠٠كم، وفي العراق تتملح مساحة تقدر بـ ١% من الأراضي المروية في سنويا أي تصبح في نطاق الأراضي المتصحرة، وفي سوريا تقارب نسبة الأراضي المتملحة ٥٠% من الأراضي الزراعية.

مؤشرات التصحر

للتصحر مؤشرات طبيعية و أخرى بشرية، ومن المؤشرات الأولية للتصحر كما جاء في تقييم برنامج الأمم المتحدة للبيئة، غزو الكثبان الرملية للأراضي الزراعي، تدهور الأراضي الزراعية المعتمدة على الأمطار، تملح التربة، إزالة الغابات وتدمير النباتات الطبيعية، انخفاض كمية ونوعية المياة الجوفية والسطحية، تدهور المراعي، انخفاض خصوبة الأراضي الزراعية، اشتداد نشاط التعرية المائية والهوائية، زيادة ترسبات السدود والأنهار، اشتداد الزوابع الترابية وزيادة كمية الغبار في الجو.

درجات التصحر

تختلف حالات التصحر ودرجة خطورته من منطقة لأخرى تبعا لاختلاف نوعية العلاقة بين البيئة الطبيعية من ناحية وبين النشاط الإنساني من ناحية أخري، ويمكن استخدام مؤشرات التصحر في تعيين حالة أو وضعية التصحر والتي يقصد بها درجة تقدم عملية التصحر في الأراضي والتي يقررها المناخ والأرض والتربة والغطاء النباتي من ناحية ودرجة الضغط البشري من ناحية ثانية. و حسب تصنيف برنامج الأمم المتحدة للتصحر هناك أربع درجات لحالات التصحر (**شكل ٤-٤**) **هي**:-

أ- تصحر طفيف

وهو حدوث تلف أو تدمير طفيف في الغطاء النباتي والتربة لا يؤثر على القدرة البيولوجية للأرض، وتلاحظ هذه الدرجة من التصحر في الغطاء النباتي في المناطق المتاخمة للصحراء الكبرى في أفريقيا وصحراء شبه الجزيرة العربية.

ب- تصحر معتدل (متوسط)

وهو تلف بدرجة متوسطة للغطاء النباتي وتكوين كثبان رملية صغيرة أو أحاديد صغيرة في التربة، كذلك يضم التصحر المعتدل تملح لتربة المراعي أو الحقول

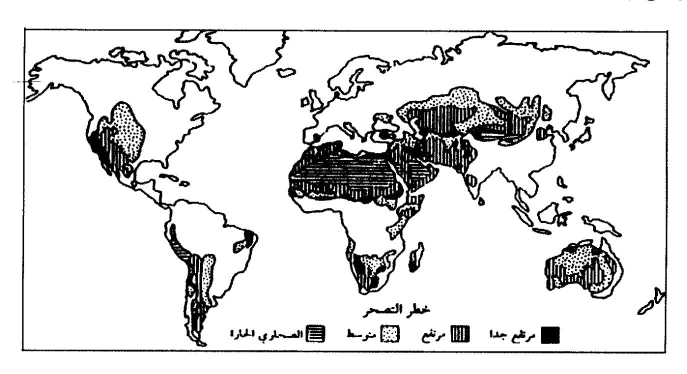
الزراعية بما يقلل الإنتاجية بنسبة ١٠-١٥ %. ومن أمثلة ذلك ما موجود في مصر في الأراضي حديثة الاستصلاح.

جـ- تصحر شديد (مرتفع)

وهو انتشار الحشائش والشجيرات غير المرغوبة في المرعى على حساب الأنواع المرغوبة والمستحبة وكذلك بزيادة نشاط التعرية مما يؤثر على الغطاء النباتي ويقلل من الإنتاجية بنسبة تتراوح بين ٢٥ و ٥٠%، مثال ذلك الأراضي الواقعة في شرق وشمال غرب الدلتا في مصر.

د- تصحر شديد (مرتفع) جدا

وهو تكوين كثبان رملية كبيرة عارية ونشطة وتكوين العديد من الأخاديد والأودية وتملح التربة بما يؤدى إلي تدهور أراضي كانت تتمتع بقدرات إنتاجية كبيرة وتحولها إلي وضعية غير منتجة تماماً، وهذه لا يمكن استصلاحها إلا بتكاليف باهضة، مثال ذلك مناطق في جنوب العراق وفي سوريا والأردن ومصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب والصومال.



شكل ٤-٤: رسم تخطيطى يوضح توزيع درجات التصحر حول العالم.

أنواع التصحر

من الأسباب الرئيسية للتصحر الجفاف نتيجة عدم سقوط الأمطار، ولكن التصحر يرجع أيضا إلي مجموعة من الأسباب الأخرى يعود معظمها إلي عدم معرفة الإنسان الكافية بتنمية الموارد الطبيعية وسوء استغلالها أو الرغبة في المكسب السريع وتنفيذ مشروعات يكون نتيجتها آثار سيئة تؤدي إلي نقص إنتاجية النظام البيئـــي، أي حدوث التصحر. **ويمكن التعرف على أنواع التصحر التالية:-**

١- التصحر نتيجة استنزاف الموارد النباتية

أشرنا سالفا عند التعرض لصور استنزاف موارد البيئة الطبيعية أن النباتات والحيوانات تعيش في نظم بيئية متوازنة، وأن الظروف البيئية المحيطة تعمل علي حفظ هذا التوازن وتبقى عليه، وسبق أيضا أن أشرنا إلي أن التدخل غير الرشيد للإنسان في كثير من الحالات يسبب تغيير معالم النظام البيئي وتدهوره، ولما كان تدهور إنتاجية النظم البيئية هو ضرب من ضروب التصحر فإن أحد أهم أنواع التصحر هو ذلك الذي ينشأ نتيجة بعض صور استنزاف الموارد النباتية مثل قطع الأشجار وتبوير البحيرات والزحف العمراني علي الأراضي الزراعية وتجريف الطبقة السطحية من التربة الزراعية لصناعة مواد البناء، مما يؤدى إلي فقدان التربة لخصوبتها، الأمر الذي يؤدى إلي تدهور إنتاجيتها.

٢- التصحر بمناطق الرعي الطبيعية

تغطي أراضي المراعي الطبيعية مساحات واسعة في دول كثيرة، ولا يساهم الضغط الرعوي- الذي يقصد به تحميل أراضي المراعي عدداً من الماشية أو أنواعـــاً معينة منها لا تتفق وطاقة هذه المراعي على تغذيتها- في الإنتاج الحيواني فقط لكنه يعجل بحدوث سلسلة من الوقائع تؤثر في كل النظام البيئي، مثل تنـــاقص أو زوال

الكساء الخضري الأمر الذي يؤدي إلي انقراض الأعشاب الرعوية ونمو نباتات غير مستساغة وليس لها قيمة غذائية بالنسبة لحيوانات الرعي. وبالطبع فإن انقراض النباتات يزيد من تصحر الأرض، حيث تصبح معرضة للشمس والرياح فيزيد ذلك من إمكانية انجراف الطبقة العلوية الخصبة من التربة بمياه الأمطار والرياح، وبهذا تصبح مناطق الرعي ضعيفة الإنتاجية بشكل يتعذر معالجته، ومن ثم تضعف إمكانية البيئة على التعويض النباتي.

وهناك الكثير من الأمثلة على الرعي الجائر وتأثيره في صنع التصحر في الأقطار العربية، ففي السودان، يعتبر الرعي الشكل الرئيسي لاستخدام الأرض، لذلك فاستخدام موارد الرعي، بشكل مفرط، نتج عنه تصحر الكثير من الأراضي. وفي وسط وشمال الصومال، أتلفت معظم النباتات نتيجة للرعي الجائر، ففي كثير من مناطق السودان وتشاد والصومال يصطحب اللاجئون مواشيهم معهم ويسبب بقائها بصورة رئيسية بجوار المخيمات منع عملية التجديد الطبيعي للمراعي، ومن ثم يساهم في صنع التصحر. وتتوفر أدلة من مراعي الكويت، تشير إلي تدهور الكثير من النباتات الرعوية تحت وطأة الضغط الرعوي وسوء إدارة المراعي. وفي الجزائر والمغرب وتونس يتجاوز معدل الرعي طاقة المراعي الحقيقية، وفي تونس يشير تقييم استخدام الأرض إلي تراجع مساحة الأراضي المستخدمة للرعي.

٣- التصحر نتيجة الزراعة الجافة في مناطق الأعشاب

في مناطق الأعشاب التي لا يزيد فيها معدل المطر السنوي عن ٢٥٠مم يكون أخطر ما يؤدي إلي التصحر هو الزراعة الجافة، أي زراعة بعض محاصيل الحبوب كالشعير والقمح على مياه الأمطار، ويترتب على ذلك إزالة الأعشاب لإعطاء فرصة نمو أفضل للمحصول. وعلى الرغم من أن هذا النوع من الزراعة قد

يبدو لأول وهلة وسيلة مقبولة للحصول على غذاء للإنسان إلا أن نجاح هذا النوع من الزراعة والحصول على عائد مرضٍ لا يحدث إلا في أحيان قليلة عندما تكـون كمية الأمطار مناسبة لنمو محصول الحبوب، كما أن إزالة الأعشاب يعمل علـى تفكك التربة وتعرضها للشمس وذلك يساعد عوامل التعرية على إزالة طبقات التربة الأكثر خصوبة، وبالتالي تقليل مقدرة التربة على الإنتاج. ومن الأفضل اسـتغلال الأعشاب الطبيعية في الرعي أو الحصول على الألياف والمواد الكيميائية ذات الأهمية الاقتصادية من النباتات.

٤- التصحر في مناطق الزراعة المروية

كثير من الآبار التي تحفر للحصول على مياه للزراعة غالباً ما تحتوي علـى قدر ملموس من الملوحة أو تكتسب قدراً منها بعد مدة من الاستعمال، الأمر الذي يؤدي إلي زيادة ملوحة التربة بعد فترة زمنية لا تزيد عن عدة سنوات. وفي المناطق التي تزرع باستخدام مياة مثل هذه الآبار لا تضعف إنتاجية الأرض فقط بالنـسبة للمحاصيل التي تزرع بل تتسبب ملوحة التربة في عدم نمو النباتات الطبيعيـة الـتي كانت تنمو في المناطق المروية بمياه الآبار. وتنمو محلها نباتات ذات خصائص مختلفة تكون ذات مقدرة على النمو في التربة الملحية، وهذه النباتات لـيس لهـا قيمـة اقتصادية كالنباتات التي كانت تنمو أصلاً في الأماكن التي رويت بمياة الآبار.

والأمثلة على تملح التربة في البلدان العربية كثيرة، ففي حوض نهري دجلة والفرات في العراق تقدر نسبة الأراضي التي تعاني من الـتملح بـــ ٥٠% مـن الأراضي المروية، وبالتأكيد فإن هذه النسبة قد ارتفعت بسبب ما شهدته البلاد من ثلاثة حروب مدمرة وحصار اقتصادي منذ ثمانينيات القرن العشرين ممـا أدي إلي إهمال للقطاع الزراعي، ونفس هذه النسبة تلاحظ في وادي الفرات في سوريا.

٥- التصحر لسوء الصرف

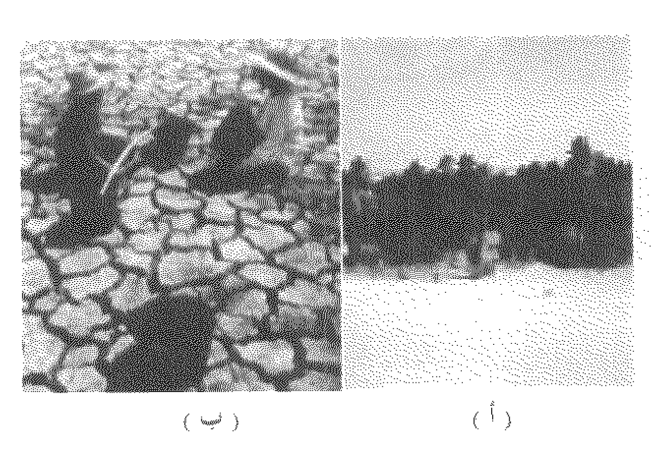
تعاني معظم الأراضي الصحراوية الحديثة الاستصلاح من سوء صرف المياة التي تتجمع على مقربة من سطح التربة، هذا الصرف السيئ غالباً ما يصاحبه إسراف في استعمال الأسمدة الكيميائية. ويؤدي ذلك إلي رفع ملوحة التربة نتيجة تراكم الأملاح وذلك يضعف إنتاجية التربة، وتبرز هذه الظاهرة في التربة ذات التصريف السيئ أو عند الري بمياة ترتفع فيها نسبة الأملاح.

والأمثلة علي التصحر لسوء الصرف وتملح التربة ارتفاع ملوحة مياة الري بنسبة ٤٢% في بغداد و٢٠% في الموصل خلال ١٩٦٧-١٩٧٩، وفي مصر تعاني الأراضي الزراعية من التملح والتغدق بحوالي ٣٠% نتيجة الإفراط في استخدام مياة الري. وتظهر هذه المشكلة في ليبيا والسعودية وتونس ودول أخرى بسبب عمليات الري غير السليمة وسوء صرف مياة الري، وفي المناطق القريبة من البحار يقود الإفراط في استهلاك المياة الجوفية إلي تداخل مياه البحر للتعويض عن الماء المستهلك وبذلك ترتفع نسبة الملوحة تدريجيا في الآبار وفي حالة السقي منها يؤدي ذلك إلي تملح التربة كما هو ملاحظ في الكويت والإمارات.

٦- التصحر نتيجة زحف الرمال والعواصف الرملية

التصحر نتيجة زحف الرمال والعواصف الرملية من الأسباب الرئيسية للتصحر في العالم (**شكل ٤-٥**)، ففي أفريقيا يشكل زحف الصحراء في شمال السودان نتيجة تحرك حزام المطر جنوباً أهم أنواع التصحر في شمال السودان بين خطي عرض ١٣ و١٥ وقد أدي إزالة الغابات نتيجة الجفاف إلي مضاعفة درجة التصحر. كما يشكل زحف الصحراء مشكلة كبري في بعض بلدان أفريقيا نتيجة الجفاف الذي يصيب هذه المناطق واستنزاف الغطاء النباتي كمصدر

للوقود، وفي الدول العربية تهدد العواصف الرملية مشروعات التنمية الزراعية والصناعية والمجتمعات البدوية في السعودية والكويت والإمارات وعمان والعراق والأردن، وحتي في سوريا أخذ التصحر أبعاداً خطيرة إذ تصل العواصف الرملية القادمة من الصحراء الشرقية إلي السواحل الغربية إلي تدمير الأراضي الزراعية بل وإلي التأثير علي شبكات الطرق ووسائل المواصلات. وفي الشمال الأفريقي تغطي الكثبان الرملية أجزاء كثيرة في منطقة ساحل البحر المتوسط وتنتشر الرمال المتحركة في الصحراء الأفريقية الكبري التي تزحف بمعدلات متزايدة علي الواحات في مصر وليبيا.



(ب) (أ)

شكل ٤-٥: صورة فوتوغرافية توضح زحف الصحراء (أ)، والتصحر نتيجة الجفاف الشديد وغياب الأمطار لفترة طويلة عن الأراضي الزراعية (ب).

نتائج التصحر

للتصحر العديد من النتائج البيئية والاقتصادية والاجتماعية فهو أحد العوامل الرئيسية التي تعيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية في كثير من الدول الأفريقية والبلدان العربية، ويزيد بدوره من المشاكل الاقتصادية التي تواجه هذه البلدان، وهذه المشاكل تعمل بدورها على تفاقم التدهور البيئي وهكذا تواجه هذه البلدان حلقة مفرغة من المشاكل التي لا تنتهي، إذ أن حالة البيئة لا يمكن فصلها عن الحالة الاقتصادية أو الحالة الإجتماعية.

١- النتائج البيئية

تتمثل النتائج البيئية للتصحر في تدهور الحياة النباتية والحيوانية (بعض الأنواع النباتية و الحيوانية انقرضت فعلا، (راجع الفصل الأول) وفي تدهور التربة والمراعي وتقلص مساحة الأراضي الزراعية ونقص في الثروة المائية وتدهور نوعيتها وبالأخص ارتفاع نسبة الملوحة فيها، وزحف الرمال إلي الأراضي الزراعية تدهور حالة مناطق المراعي الطبيعية ومناطق الزراعة علي الأمطار، وبالطبع يمكن أن يكون تدهور البيئة نتيجة التصحر عاملاً رئيسياً في تغير عوامل البيئة.

٢- النتائج الاقتصادية

تتمثل النتائج الاقتصادية المباشرة للتصحر بما حدده تقرير برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة United Nations Environment's Program (UNEP) عن حالة البيئة في العالم للفترة ١٩٧٢-١٩٩٢ حيث ورد به ما يلي: يؤثر تدهور الأرض وتصحرها في قدرة البلدان على إنتاج الغذاء، وينطوي بالتالي على تخفيض الإمكانيات الإقليمية والعالمية لإنتاج االغذاء والدواء، مع ما لذلك من أثار على الاحتياطات الغذائية وتجارة الأغذية في العالم، ونظراً لأن التصحر ينطوي على تدمير

للحياة النباتية وأن نقصان مجموعات نباتية وحيوانية كثيرة، هو أحد الأسباب الرئيسية لخسارة التنوع الحيوي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة مما يقلل من فرص إنتاج الأغذية. ومن أمثلة النتائج الإقتصادية الصارخة للتصحر ما نتج عن تجفيف أهوار العراق حيث تراجعت أعداد حيوان الجاموس المعطاء الذي يعيش قرب الأنهار من ١٤٨ ألف رأس في ١٩٩٠ إلي ٦٥ ألف رأس في ٢٠٠١، وتراجعت كمية الأسماك التي كان يحصل عليها الصيادون من٣١٠ ألف طن متري في ١٩٩٠ إلي ٢٢ ألف طن متري في ١٩٩٦.

٣- النتائج الاجتماعية

تتمثل النتائج الاجتماعية للتصحر في تزايد هجرة سكان الريف والرعاة نحو المدن طلبا للعمل ولحياة أفضل، وينتج عن هذه الهجرة ضغوط متزايدة، على إمكانيات المدن المحدودة، وتساهم في زيادة معدل نمو سكانها أسرع من معدل نمو سكان الريف (بلغ المعدل السنوي لنمو سكان المدن حوالي ٤% ولسكان الريف حوالي ١% في أقطار شمال أفريقيا خلال الفترة ١٩٩٠- ١٩٩٥)، وتشكل معدلات النمو المرتفعة في المدن عبئاً على الحكومات لتوفير الخدمات الاجتماعية المكلفة على حساب الهياكل الارتكازية المنتجة، ويولد ضغط الهجرة الريفية- الحضرية الكثير من المشاكل الإجتماعية في المدن مثل: انخفاض مستوى المعيشة، البطالة، قلة الخدمات الصحية والتعليمية، عدم توفر السكن المناسب، التوترات والنزاعات الاجتماعية، الإخلال بالأمن...الخ. ثم إن إفراغ الريف من سكانه وترك الأرض يساهم هو الآخر في استمرار التصحر.

سبل مكافحة التصحر

التصحر مشكلة بيئية اقتصادية اجتماعية سببها تناقص إنتاجية النظم البيئية، ومن ثم فإن مكافحة التصحر تستلزم العمل على استمرارية عطاء موارد البيئة، والحلول لظاهرة التصحر تكمن أولاً في مسح الموارد البيئية وتقييم طاقتها وإمكاناتها، وثانياً في تحديد الاستخدامات على أساس إمكانات هذه الموارد أي أن يكون الاستخدام متوافقاً مع الإمكانيات، وثالثاً في توقع التقلبات في العوامل البيئية والاحتياط لها حتى يكون لها أقل الأثر على الموارد الطبيعية، ولاشك أن ذلك يستوجب تخطيطاً سليماً لا تنفصل فيه مشروعات التنمية الاقتصادية عن إجراءات مكافحة التصحر.

وتتطلب مكافحة التصحر وضع خطط واضحة المعالم تتضمن أهداف مباشرة تتمثل في وقف تقدم التصحر واستصلاح الأراضي المتصحرة، وأخرى تشمل إحياء خصوبة التربة وصيانتها في المناطق المعرضة للتصحر، ويتطلب الأمر تقويم ومراجعة الخطط بصورة مستمرة لتلافي ما هو غير صالح، ونظرة بعيدة المدى وإدارة رشيدة لموارد البيئة الطبيعية على جميع المستويات وتعاون عربي وإقليمي ودولي فعال، مع الأخذ في الاعتبار عدم وجود حلول سريعة لهذه المشكلة. ويمكن أن تختلف وسائل مكافحة التصحر من مكان لآخر باختلاف مسببات وسرعة التصحر والرؤية لهذه المشكلة ولكن هناك أوجه شبه فيما بينها، **ومن سبل مكافحة التصحر نذكر ما يلي:-**

١- المسح البيئي الهادف للنظم البيئية القائمة من من أجل تقويم قدرتها الإنتاجية وما يمكن أن تقدمه للإنسان والذي يعد مقدمة ضرورية لإعداد قاعدة معلومات بيئية لأي خطط تستهدف مكافحة التصحر إذ أن غياب هذه البيانات الأساسية يضاعف من صعوبة التنبؤ بالأوضاع البيئية.

٢- لما كانت الظروف المناخية تؤدي دوراً رئيسياً في الحفاظ علــى التــوازن البيئي، فإن هذا الأمر يقتضي دراسة الظروف المناخية بأساليب تقنية حديثة وكوادر مدربة من أجل التحسب للتصحر الناتج عن التغييرات المناخية.

٣- أخذ معايير الحفاظ علي البيئة من التصحر في الاعتبار عند تنفيذ مشروعات التنمية الكبيرة، ويتطلب ذلك إعداد الكوادر العلمية القادرة علــى مكافحــة التصحر، وتوفير الدعم المادي اللازم لمشروعات مكافحته مع ضرورة تحمــل الدول الغنية المتقدمة دوراً رئيسياً في مواجهة التصحر في بلدان العالم المختلفة.

٤- ترشيد الرعي عبر تحديد طاقة المراعي على إعالة أعداد معينة من الحيوانات لتلافي تعريضها للتلف والتدمير. ويرى الجغرافي بيتر هاجيت Peter Haggett أن إراحة أراضي الأعشاب والرعي الدوري وإضافة السماد إلي دورة المواد المغذية تعتبر وسائل للتعامل مع مشكلة الضغط الرعوي. وهناك تجارب ناجحة في مجال صيانة المراعي الطبيعية وتنميتها في سوريا وتونس والسعودية والإمارات وليبيا إلا أنها تحتاج إلي المزيد من التطوير والتوسيع.

٥- الاهتمام بزراعة نباتات ذات قيمة غذائية واقتصادية عالية بكميات تسمح بتكوين مخزون إضافي منها والعمل على استنباط سلالات جديــدة عاليــة الإنتاجية. كما أن مواجهة التصحر تستلزم توفير مخزون احتياطي من الغذاء للحيوان والإنسان خشية حدوث تغيرات مناخية غير متوقعة.

٦- إنشاء شبكة طرق حديثة وطرق اتصال متقدمة بما يكفل مرونــة الحركــة وتقديم الاحتياطات الضرورية للسكان في المناطق التي تتعرض للجفاف.

٧- ضبط استخدام مياة ري المزروعات وإعادة النظر في أساليب الري بــالغمر المتبعة في كثير من بلدان العالم، وإتباع أساليب الري الحديثة مثــل الــري

بالرش أو التنقيط وهذا أسلوب اقتصادي في استهلاك المياه، وأيضاً يناسب الزراعة في التربة غير المستوية.

٨- الاهتمام بإقامة السدود لتخزين مياه الأمطار ومنع انسياب مياه الأمطار إلي البحار واستخدامها في الزراعة بالأساليب الحديثة طول العام.

٩- حماية الغابات إذ يجب أن تبقى الغابات محافظة على توازنها الحيوي المسؤول عن خصوبة التربة وذلك بمنع قطع الأشجار بصورة عشوائية ويبدو ان حماية الغابات وإعادة تشجيرها كأسلوب لمكافحة التصحر لا تزال في طور التجربة في الأقطار العربية.

١٠- ترشيد الزراعة البعلية (المعتمدة على الأمطار) بالحد من توسع هذا النوع من الزراعة تجاه الأراضي الأقل ملائمة من ناحية كمية الأمطار الساقطة إذ أن هذا التوسع يؤدي إلي تدهور التربة والنظام البيئي.

١١- استخدام وسائل أكثر فعالية لوقف تعرية التربة ومنع العوامل التي تساعد عليها وتثبيت الرمال المتحركة تمهيداً للوصول إلي استزراعها.

١٢- الحد من معدلات نمو السكان العالية من خلال اتباع برامج تنظيم الأسرة وتفعيل دور العوامل التي تعزز هذه البرامج مثل إنجاز تحولات اجتماعية واقتصادية ورفع مستوى التعليم والخدمات الصحية لأنه دون ذلك تبقى فعالية تنظيم الأسرة محدودة.

١٣- نشر وتعميق الوعي البيئي على مستوى الحكومات والجماهير إذ يلاحظ أن البنية المؤسساتية مازالت لا تسمح بمساءلة صانعي القرار من قبل الجماهير والمجموعات الأهلية المعنية بالحفاظ على البيئة، والتأكيد على العلاقة التكاملية بين البيئة السليمة والتنمية المستدامة.

١٤- إنشاء مؤسسات أهلية وحكومية تهتم بالمحافظة على البيئة مثال ذلك إنشاء وزارة البيئة التي سيكون لها تأثير مهم في مكافحة التصحر من خلال تنسيق جهودها مع الوزارات الأخرى مثل وزارة الزراعة.

١٥- تثبيت الكثبان الرملية وإنشاء مصدات لوقف زحف الرمال من شجيرات كثيفة أو من أعواد أو جذوع نباتات جافة مثل جذوع وسعف النخيل.

الجهود الإقليمية والدولية لمكافحة الجفاف والتصحر

لما كان التصحر مشكلة تهدد كثيراً من البلدان في العالم ولما كان الجفاف يغطي منطقة كاملة قد تشمل عدة بلدان، فإن المشكلات الناجمة عن الجفاف والتصحر مثل المجاعة ونزوح السكان قد تسبب نشوب صراعات بين الدول، كان من الواجب تضافر الجهود الدولية من أجل مكافحة التصحر. وبينما تعتبر الجهود الوطنية أساسية لمكافحة الجفاف والتصحر فإن الجهود الإقليمية والدولية لا شك تكمل هذه الجهود وتصبح ضرورية لتحقيق إنجازات كبيرة فى مجال درء الجفاف والتصحر. وقد بدأت الجهود الإقليمية والدولية لتخفيف آثار الجفاف والتصحر منذ اعتمدت الأمم المتحدة خطة عمل نيروبي سنة ١٩٧٧ لمكافحة التصحر والتي تضمنت توصيات على المستويات الوطنية والإقليمية والدولية، وتم تكليف برنامج الأمم المتحدة الإنمائي بالمسؤولية عن رصد وضمان تنفيذ المشاريع التي تستهدف أساساً مكافحة التصحر وتخفيف آثار الجفاف. وعلي المستوي الأفريقي اعتمدت حكومات منظمة الوحدة الأفريقية سنة ١٩٨٠ خطة لاجوس للعمل والتي تضمنت الجفاف والتصحر بوصفهما من القضايا ذات الأولوية التي تتطلب حلولا عاجلة، وفي سنة ١٩٨٥ اعتمد المؤتمر الوزاري الأفريقي برنامج القاهرة للتعاون الأفريقي، والذي كان

هدفه الأساسي هو إنهاء تدهور البيئة الأفريقية وعكس اتجاه العملية بغية تلبية احتياجات السكان الأفريقيين من الغذاء والطاقة.

ومع تفاقم مشاكل التصحر وتصاعد الاهتمام الدولي بها توصل برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلي عقد اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر عام ١٩٩٦، بهدف مكافحة التصحر وتخفيف آثار الجفاف في البلدان التي تعاني من الجفاف الشديد أو من التصحر عن طريق اتخاذ تدابير فعالة على كل المستويات يدعمها تعاون دولي وترتيبات شراكة في إطار منهج متكامل للتنمية المستدامة. كما أعلنت الأمم المتحدة اعتبار ٢٠٠٦ سنة دولية للصحاري والتصحر وهي أيضا الذكري العاشرة لاتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر التي باتت تضم في عضويتها ١٩١ جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة.

ومن بين الإلتزامات الرئيسية التي تضمنتها الاتفاقية اتباع تدابير على المستوى المحلي مع إجراءات مساندة على المستويات الإقليمية والتنسيق في استخدام الموارد البشرية والمالية والفنية لهذا الغرض. وعقد اتفاقات بين البلدان النامية المتأثرة ومع أطراف من البلدان المتقدمة وبين وكالات الأمم المتحدة والمنظمات غير الحكومية، من أجل استخدام العلوم والتكنولوجيا الحديثة مقترنة بالمعارف المحلية لوضع حلول لتنمية الأراضي الجافة تنمية مستدامة، واتباع منهج متكامل يشمل الخطط والاستراتيجيات الوطنية للتنمية مع استخدام آليات لتنسيق الأنشطة وتحقيق التوافق فيما بينها داخل البلاد المتأثرة وفيما بين الأطراف المانحة. وذلك من خلال برامج عمل وطنية تنفذها البلدان المتأثرة بالتصحر بوضع وتنفيذ برامج عمل وطنية وإقليمية عن طريق التشاور بين البلدان المتأثرة بالتصحر والجهات المانحة والمنظمات الدولية الحكومية وغير الحكومية.

وقد اهتمت منظمة الأغذية والزراعة بمفهوم التصحر ومكافحته على نحو منظم وذلك منذ بداية الاهتمام به في أواخر الستينيات من القرن العشرين عن طريق المشاركة في جهود مكافحة الجفاف والتصحر، وخاصة فيما يتعلق بالمشاركة في إعداد وتنفيذ برامج محددة مثل برنامج الأمن الغذائي في بلدان العجز الغذائي ذات الدخل المنخفض؛ وصيانة واستصلاح الأراضي في أفريقيا؛ والبرنامج الدولي للمياه والزراعة المستدامة؛ والنظام العالمي للإعلام والإنذار المبكر عن الأغذية والزراعة؛ وخطة معونات الأمن الغذائي؛ وبرنامج الغابات والأشجار والسكان؛ ونظام رصد البيئة باستخدام صور الأقمار الصناعية في أفريقيا؛ وخريطة الغطاء الأرضي وقاعدة البيانات الجغرافية الرقمية في أفريقيا؛ والشراكة الجديدة من أجل التنمية فى أفريقيا التي تأسست فى عام ٢٠٠١.

كما أن منظمة الأغذية والزراعة قد التزمت بمساعدة أمانة الهيئة الحكومية الدولية للتنمية ولمكافحة الجفاف (إيقاد) على إعداد برنامج عمل شبه إقليمي في إطار اتفاقية مكافحة الجفاف والتصحر. ويركز هذا التعاون على إعداد المكون الخاص بالأمن الغذائي في البرنامج، ويسهل تقديم المساعدة لوضع استراتيجية للاستعداد للجفاف والكوارث ضمن إقليم الإيقاد. ولقد أعد مركز الاستثمارات التابع لمنظمة الأغذية والزراعة (الذي يموله البنك الدولي بصفة جزئية) مشاريع استثمارية عديدة للبنوك الدولية والإقليمية (أكثر من ٤٠ مشروعاً في عشر سنوات)، وهي تتضمن عناصر تتعلق بمقاومة التصحر في برامج التنمية الزراعية بصفة رئيسية. وانصب التركيز على صيانة التربة وتثبيت الكثبان الرملية وزراعة الأشجار ومقاومة التصحر. وينفذ معظم هذه البرامج في أفريقيا جنوب الصحراء، وبعضه في آسيا وأمريكا اللاتينية والشرق الأدنى. ويهدف الموضوع الأساسي في

جزء كبير من البرنامج الميداني لمنظمة الأغذية والزراعة إلي تعزيز قدرات البلدان على الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية ومكافحة التصحر.

ومن خلال تعاون ثلاثي بين الصندوق الدولي للتنمية الزراعية (الإيفاد) والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) والنظم الوطنية للبحوث الزراعية، جرى إدخال تقنيات بسيطة - على مستوى المزرعة - بغية تحسين صيانة التربة والمياة وتحقيق درجة أعلى من التكامل بين إنتاج المحاصيل والحيوانات الزراعية والنظم الزراعية الصديقة للبيئة، حدث ذلك في مشروع المشرق-المغرب مع الإيكاردا، ونظم الزراعة البعلية مع الأكساد؛ وبرنامج المياة المالحة في شبه الجزيرة العربية مع الإيكاردا؛ وشبكة البحوث الخاصة بنخيل البلح مع الأكساد.

وفي مجال تنمية الغابات شرعت كثير من البلدان المتأثرة بالتصحر في تنفيذ برامج لحماية وتنمية الغابات بدعم من الجهات الدولية المانحة وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي والمرفق العالمي للبيئة، بحيث عبأت هذه الأطراف موارد مالية وطنية وخارجية لبرامج ومشروعات ذات صلة باتفاقية مكافحة التصحر، وذلك مثل صيانة وإدارة موارد الغابات، وإدارة مستجمعات المياة، وزراعة أشجار الغابات وإعادة التشجير، وإرشاد وتوعية الجمهور.

الفصل الخامس

تلوث البيئة و سبل التخلص منه

مقدمة

المفهوم الشائع للتلوث Pollution هو إلقاء النفايات الضارة بما يفسد نظافة البيئة، إلا أن التعريف العلمي للتلوث، الذي يتفق عليه علماء البيئة، هو حدوث تغيير أو خلل في الحركة التوافقية التي تتم بين العناصر المكونة للنظام البيئي، بحيث يؤدي الخلل في هذا النظام إلي افقاده القدرة على التخلص الذاتي من الملوثات بالعمليات الطبيعية التي تتم فيه.

والتلوث ليس من الموضوعات الجديدة فقد بدأ منذ الثورة الصناعية في أوروبا وتصاعد مع التوسع الصناعي الهائل المدعوم بالتكنولوجيا الحديثة، ويمكن القول أن الثورة الصناعية وما تلاها من تطورات تكنولوجية بالقدر الذي أدت إلي تقدم حياة الإنسان أدت بالقدر نفسه إلي تدهور الأنظمة البيئية. وقد أخذت ظاهرة التلوث قسطاً كبيراً من اهتمام العالم منذ النصف الثاني من القرن العشرين، فقد نتج عن تصاعد النشاط الصناعي تزايد مطرد في نشوء المركبات الكيميائية الغريبة على الأنظمة البيئية، واليوم تعتبر مشكلة تلوث أحد أهم المشاكل البيئية الملحة لأنها لا تأخذ أبعاداً بيئية فقط بل واقتصادية واجتماعية خطيرة أيضا، فقد أخذت الصناعات في الآونة الأخيرة اتجاهات خطيرة متمثلة في قدر كبير من التنوع للصناعات مصحوباً بتصاعد حجم النفايات الصناعية والإستخدام المتزايد لأجهزة مستحدثة، وخلال العقود الأخيرة ظهرت تغيرات واضحة على عدد كبير من الكائنات الحية، في ضوء ذلك تزايد الاهتمام بدراسة التلوث لمعرفة مسبباته والعمل على مكافحته والتقليل من أخطاره.

درجات التلوث

يمكن تقسيم التلوث إلي ثلاث درجات متميزة هي:-

١- التلوث المقبول

التلوث المقبول هو درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظام البيئي ولا يكون مصحوبا بأي أخطار أو مشاكل بيئية رئيسية، ولا تكاد تخلو منطقة ما من مناطق الكرة الأرضية من هذه الدرجة من التلوث، حيث لا توجد بيئة خالية تماما من التلوث نظرا لسهولة نقل التلوث بأنواعه المختلفة من مكان إلي آخر سواء كان ذلك بواسطة العوامل المناخية أو البشرية، ولا تتطلب درجة التلوث المقبول إتخاذ إجراءات للحد منها ولكنها تشير إلي ضرورة المتابعة المستمرة لحالة البيئة والتنبيه المستمر بالمحافظة عليها من التلوث.

٢- التلوث الخطر

التلوث الخطر هو مرحلة متقدمة من مراحل التلوث حيث تتعدى كمية ونوعية الملوثات الحد البيئي الحرج الذي تبدأ معه التأثيرات السلبية على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية. وتعاني كثير من الدول الصناعية من التلوث الخطر الناتج بالدرجة الأولى من النشاط الصناعي وزيادة النشاط التعديني والاعتماد بشكل رئيسي على الفحم والبترول كمصادر للطاقة، وتتطلب هذه المرحلة إجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية باستخدام وسائل تكنولوجية حديثة كإنشاء وحدات معالجة كفيلة بتخفيض نسبة الملوثات في الهواء والماء والتربة لتصل إلي الحد المسموح به دولياً، وتتضمن إجراءات الحد من التلوث الخطر سن قوانين وتشريعات وفرض ضرائب ورسوم عقابية على المصانع التي تساهم في زيادة نسبة التلوث.

٣- التلوث المدمر

يمثل التلوث المدمر المرحلة التي ينهار فيها النظام البيئي ويصبح غير قادر على العطاء نظرا لإختلال مستوى الإتزان به بشكل جذري، حيث أن النظام البيئي ينهار كليا ويحتاج إلي سنوات طويلة لإعادة توازنه بواسطة التدخل البشري وبتكلفة اقتصادية باهظة، ولعل حادثة تشرنوبل خير مثال للتلوث المدمر. ويذكر تقدير لمجموعة من خبراء البيئة بأن منطقة تشرنوبل والمناطق المجاورة لها تحتاج إلي حوالي خمسين سنة لإعادة توزنها البيئي بشكل يسمح بوجود نمط مستقر من أنماط الحياة.

أشكال التلوث البيئ

١- تلوث الهواء

يحدث التلوث الهوائي عندما تتواجد جزيئات أو جسيمات عضوية أو غير عضوية في الهواء بكميات كبيرة تشكل ضرراً على العناصر البيئية. والتلوث الهوائي يعتبر أكثر أشكال التلوث البيئي انتشاراً نظراً لسهولة انتقاله وانتشاره من منطقة إلي أخرى في فترة زمنية وجيزة نسبيا، ويؤثر هذا النوع من التلوث تأثير مباشر على الإنسان والحيوان والنبات ويخلف آثاراً بيئية وصحية واقتصادية واضحة متمثلة في التأثير على صحة الإنسان وانخفاض كفاءته الإنتاجية، فقد أشارت دراسة لوزارة البيئة المصرية في عام ١٩٩٢ أن نسبة سكان المناطق الصناعية المتاخمة للقاهرة الذين يعانون من أمراض الرئة والصدر تزيد بمقدار ٢٠% عن سكان أحياء القاهرة غير الصناعية. كما أن ملوثات الهواء تزيد من فرصة إصابة الحيوانات بالأمراض المختلفة مما يقلل من قيمتها الاقتصادية، أما تأثيراتها على النباتات فهي واضحة وجلية متمثلة بالدرجة الأولى في انخفاض الإنتاجية الزراعية للمناطق التي تعاني من زيادة تركيز

الملوثات الهوائية، بالإضافة إلي ذلك هناك تأثيرات غير مباشرة متمثلة في التأثير على المناخ العالمي من خلال تأثير الغازات المتصاعدة إلي الجو.

ومن صور تلوث الهواء تكوين ما يسمي بالضبخن Smog وهو مزيج من الضباب Fog والدخان Smoke حيث تشارك غازات الدخان المتصاعد من الاحتراق الداخلي للماكينات واحتراق الزيت والغاز الطبيعي في تكوين الطبخن، وأهم تلك الغازات ثاني أكسيد النيتروجين وهو يمتص اللون الأزرق من الطيف الضوئي فيتغير لونه إلي البني المصفر فيحجب الرؤية، وفضلا عن ذلك فإن ثاني أكسيد النيتروجين يتعرض للتكسير الضوئي Photolysis ويتفاعل مع الهواء لتكوين الأوزون وأول أكسيد النيتروجين والفورمالدهيد. والمعروف أن غاز ثاني أكسيد النيتروجين مهيج للجهاز التنفسي، كما تسبب زيادة تركيز الأوزون في الهواء متاعب في التنفس. وتجدر الإشارة أن تأثيرات الطبخن ليست قاصرة علي الإنسان والحيوانات بل تمتد أيضا إلي النبات، فقد لوحظ خلال ستينيات القرن العشرين أن زيادة نسبة الطبخن في ولاية كاليفورنيا في غرب الولايات المتحدة الأمريكية أدت إلي تلف المحاصيل الزراعية مما سبب خسارة قدرت بثمانية ملايين من الدولارات سنويا، أما في الساحل الشرقي للولايات المتحدة فقد تعدت الخسائر ١٨ مليون دولار سنوياً خلال نفس الفترة.

٢- تلوث الماء

يمثل الماء أكثر من ٧٠% من مساحة الكرة الأرضية، وتبدو أهمية المياة من أنه المصدر الرئيسي للحياة على سطح الأرض، ومن ثم ينبغي صيانته والحفاظ عليه من أجل توازن النظام االبيئي الذي يعتبر في حد ذاته سر استمرارية الحياة، وعندما نتحدث عن التلوث المائي من المنظور العلمي فإننا نقصد إحداث فساد في نوعية

المياة بحيث تصبح غير صالحة لاستخداماتها الأساسية وغير قادرة على احتواء الجسيمات والكائنات الدقيقة والفضلات المختلفة في نظامها البيئي، وبالتالي يبدأ اتزان هذا النظام بالاختلال حتى يصل إلي الحد الحرج والذي تبدأ معه الآثار الضارة على البيئة في الظهور، ولقد أصبح التلوث البحري ظاهرة أو مشكلة كثيرة الحدوث في العالم نتيجة للنشاط البشري المتزايد وحاجة التنمية الاقتصادية المتزايدة للمواد الخام الأساسية التي يتم نقلها عبر المحيط المائي كما أن معظم الصناعات القائمة في الوقت الحاضر تطل على سواحل بحار أو محيطات.

ويعتبر النفط الملوث الأساسي للبيئة البحرية نتيجة لعمليات التنقيب واستخراج النفط والغاز الطبيعي في المناطق البحرية كما تقوم ناقلات النفط بضخ مياه البحر في صهاريجها لكي تقوم هذه المياه بعملية توازن الناقلة حتى تأتي إلي مصدر شحن النفط فتقوم بتفريغ هذه المياة الملوثة في البحر مما يؤدي إلي تلوثها بمواد هيدروكربونية ويكون لهذا النوع من التلوث آثار بيئية ضارة وقاتلة لمكونات النظام البيئي حيث أنها قد تقضي على الكائنات النباتية والحيوانية وتؤثر بشكل واضح على السلسلة الغذائية، كما أن هذه الملوثات خصوصا العضوية منها تعمل على استهلاك جزء كبير من الأكسجين الذائب في الماء، كما أن البقع الزيتية التي تطفو فوق سطح الماء تعيق دخول الأكسجين وأشعة الشمس وهما ضروريان لعمليات البناء الضوئي.

٣- تلوث التربة

تلوث التربة هو التلوث الذي يصيب القشرة العلوية للكرة الأرضية والتي يعتبر الحلقة الأولى والأساسية من حلقات النظام البيئي وتعتبر أساس الحياة وسر ديمومتها، ولا شك أن الزيادة السكانية الهائلة التي حدثت في السنوات القليلة الماضية أدت إلي ضغط شديد على العناصر البيئية في هذا الجزء من النظام البيئي

واستنزفت عناصر بيئية كثيرة نتيجة لعدم مقدرة الإنسان على صيانتها وحمايتها من التدهور فسوء استخدام الأراضي الزراعية يؤدي إلي انخفاض إنتاجيتها البيولوجية.

ومن أسباب تلوث التربة زيادة استخدام الأسمدة النيتروجينية لتعويض التربة عن فقدان خصوبتها واستعمال المبيدات الحشرية لحماية المنتجات الزراعية من الآفات بما أدي إلي تلوث التربة بالمواد الكيماوئية وتدهور مقدرتها البيولوجية كما أن زيادة النشاط الصناعي والتعديني أدى إلي زيادة الملوثات والنفايات الصلبة سواء كانت كيميائية أو مشعة. وتقوم بعض الحكومات بإلقاء هذه النفايات على الأرض أو دفنها في باطن الأرض وفي كلتا الحالتين يكون التأثير السلبي واضح حيث تؤثر على الإنسان والحيوان والنبات على المدى الطويل.

٤– التلوث الضوضائي

من أسباب التلوث الحديثة تصاعد الضوضاء من مصادر عدة مثل المركبات والمصانع والزحام السكاني، تؤثر الضوضاء في قشرة المخ وتؤدي إلي نقص في النشاط العام، كما تؤدي إلي استثارة القلق وعدم الارتياح الداخلي والتوتر والارتباك وعدم الانسجام وضعف التوافق الصحي، كما تؤدي إلي ارتفاع ضغط الدم وآلام في الرأس وطنين في الأذن والحساسية والتعب السريع والنوم الغير هادئ والأحلام المزعجة وفقدان جزئي للشهية إضافة إلي شعور بالضيق والانقباض وهذا ينعكس في القدرة على العمل والإنتاج،كما يؤثر على الجهاز القلبي الوعائي ويسبب عدم انتظام النبض وارتفاع ضغط الدم وتضييق الشرايين وزيادة في عدد ضربات القلب إضافة إلي التوتر والأرق.

مسببات التلوث

يعود التلوث إلي كثير من الأسباب التي يتم تصنيفها إلي مركبات كيميائية وإشعاعات ذرية من مواد مشعة وكائنات حية دقيقة ضارة وضوضاء.

التلوث بالمواد الكيميائية

تشمل المركبات الكيميائية المسببة للتلوث عدة أنواع منها مواد غازية ومواد سائلة ومواد صلبة وأبرزها مواد الكربون والكبريت والنيتروجين والرصاص والزئبق والزرنيخ وبعض المواد شائعة الإستخدام في حياتنا اليومية مثل مبيدات الآفات والفطريت والمضادات الحيوية والمركبات الصيدلانية **أهمها المواد التالية:-**

أولاً: الغازات السامة

تضم الغازات السامة Toxic gases الكثير من الغازات المتصاعدة من المصانع والسيارت وكثير من المركبات الكيميائية التي تستخدم في كثير من المجالات الصناعية والحياتية، التي تسبب أضراراً كثيرة للبشر والبيئة، وهذه الغازات والمركبات غير قابلة للتحلل التلقائي عند وضعها في الماء، وتنتقل إلي النظام البيئي بتركيزات صغيرة ثم تصبح بعد ذلك مركزة بدرجة كبيرة، ويتم هذا التركيز في سلسلة الغذاء أي في أجسام الكائنات التي تنتقل إليها.

تشمل الغازات السامة المسببة للتلوث غازات الكربون وغازات الكبريت وأكاسيد النيتروجين وغبار الأسبستوس، وسوف نستعرض بإيجاز أهم هذه الغازات وتأثيراهما علي الإنسان والبيئة.

أ- غازات الكربون

تنطلق غازات الكربون نتيجة الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية، وتوجد منها نسبة ضئيلة في الهواء **وأهمها الغازات التالية:-**

١- أول أكسيد الكربون

ينطلق أول أكسيد الكربون من الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية مثل بنزين السيارات، ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون من أخطر الغازات السامة لأنه يتحد مع هيموجلوبين الدم ويعطي مركب معقد يسمي كربوكسي هيمجلوبين Carboxyhemoglobin يمنع دخول الكمية الكافية من الأكسجين إلي أجزاء الجسم فيؤدي إلي الموت خنقاً، وإذا زادت نسبة هذا الغاز في الجو عن ٠,٢% فإن الإنسان يحدث له إغماء بعد نصف ساعة ويموت بعد ساعة تقريبا إذا لم يتم إنقاذه، أما إذا كانت نسبته فى الهواء ٠,٠٠٨% فإن قدرة نقل الأكسجين عن طريق الدم إلي أجزاء الجسم تنخفض بمعدل ١٥% بعد ٨ ساعات، وذلك يعادل فقد نصف لتر من الدم، وفى الشوارع المزدحمة بالسيارات تصل نسبة أول أكسيد الكربون إلي ٠,٠٤%، وكثيراً ما يسبب ذلك أعراضاً مرضية كالصداع والغثيان والآم المعدة وارتخاء العضلات وتصل في الحالات الخطرة إلي فقدان الوعي، ومن النتائج التجريبية التي أكدت الآثار الخطيرة لأول أكسيد الكربون زيادة كمية مركب الكربوكسي هيمجلوبين في دم رجال المرور في شوارع المناطق المزدحمة في القاهرة بنسبة ١٤% مقارن بغيرهم من سكان القاهرة.

٢- ثاني أكسيد الكربون

من الآثار الخطيرة التي يمكن أن تحدث نتيجة ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو ارتفاع درجة الحرارة علي الكرة الأرضية فيما يسمي الإحتباس الحراري العالمي Global warming، ويرى أصحاب هذا الرأي أن ارتفاع درجة الحرارة سوف يؤدي إلي انصهار كثير من الجليد عند المناطق القطبية مما ينجم عنه ارتفاع منسوب المياة في البحار، وقد يؤدي ذلك إلي إغراق بعض المناطق الساحلية.

إلا أن البعض يؤكد عكس هذا التوقع، حيث يعتقدون أن زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو سوف تؤدي إلي تكوين سحابة من الضباب الأزرق على ارتفاع يتراوح بين ٢٠٠٠ و٢٣٠٠ متر فوق سطح الأرض وأن هذه السحابة سوف تعيق وصول الشمس بكامل طاقتها إلي سطح الأرض بما يقلل كمية الحرارة التي تستقبلها الأرض من الشمس، وبالتالي تنخفض درجة الحرارة على الأرض، ويرى أصحاب هذا الرأي أن العالم مقبل على عصر جليدي جديد. وسواء أدى التلوث بزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون إلي ارتفاع أو انخفاض في الحرارة، فإن هذا سوف يؤدي إلي تدهور الكثير من النظم البيئية، ومما يدل على ذلك أن البعض يرى أن ثمة مناطق كثيرة في العالم تشهد تحولاً في طبيعة ظروفها المناخية.

٣- غاز الكلوروفلوروكربون

من غازات الكربون الصناعية الكلوروفلوروكربون Chloroflurocarbon الذي يستخدم في أجهزة تكييف الهواء والثلاجات وعبوات بعض المبيدات والعطور وسوائل التنظيف التي تنطلق عن طريق الرش، وهذا الغاز خامل في طبقات الجو السفلي أما عند صعوده إلي طبقة الأوزون فإنه يتفاعل معه ويؤدي إلي تآكل طبقة الأوزون Ozone depletion التي تحيط بالغلاف الجوي وتمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية إلي سطح الأرض، وقد يزداد تآكل تلك الطبقة ما لم يتدارك الإنسان الأمر ويقلل استخدامات غاز الكلوروفلوروكربون، ومن المعلوم أن الأشعة فوق البنفسجية تؤدي إلي الإصابة بأمراض خطيرة مثل سرطان الجلد كما تسبب الطفرة في المورثات، وقد أدرك العالم خطورة مثل هذا التأثير وتم توقيع اتفاقية دولية عام ١٩٨٧ تدعو إلي خفض إنتاج الكلوروفلوروكربون بنسبة ٥٠% عام ١٩٩٠ لكن لم يوقع عليها إلا ٣٠ دولة فقط حتى عام ٢٠٠٠.

ب- غازات الكبريت

تنبعث غازات الكبريت من مداخن المصانع مثل مصانع البطاريات ومن مصافي تكرير البترول ومحطات توليد الطاقة واحتراق الزيوت، ولعل أخطر هذه الغازات ثاني أكسيد الكبريت؛ لأنه يتحد مع بخار الماء في الهواء ويعطي حمض الكبريتيك الذي يتساقط على الأرض فيلحق الضرر بالنبات والحيوان ويتلف المباني والملابس، ويبدو ذلك واضحاً في أوروبا نتيجة سقوط المطر الحامضي Acid rain.

ج- أكاسيد النيتروجين

أكاسيد النيتروجين من الغازات السامة وهي تنتج عن الاحتراق بكافة أنواعه وتوجد هذه الغازات بكميات ضئيلة جداً، تقل عن جزء في المليون، ولكنها سامة جداً حيث تتحد مع بخار الماء في الجو وينتج عنها حمض النيتريك الذي يسبب التهابات بالقصبة الهوائية، ويساهم في سقوط الأمطار الحامضية، ويسبب هذا الغاز الموت إذا وصلت نسبته في الهواء إلى ٠,٠٧%.

المطر الحامضي

يتكون المطر الحامضي بفعل تفاعل الغازات التي تتصاعد إلى الهواء مع ماء المطر لتكوين أنواعاً مختلفة من الأحماض تسقط مع ماء المطر، **والتفاعلات الآتية توضح كيفية تكوين المطر الحامضي**:-

يتفاعل ثاني أكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حمض الكبريتيك.

تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الماء لتكون حمض النيتريك.

يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء ليكون حمض الكربونيك.

يتفاعل الكلور مع الماء ليكون حمض الهيدروكلوريك.

يؤثر المطر الحامضى بشكل كبير بل وخطير على البيئة بما فيها الإنسان، فالمطر يزيد من حمضية مياه الينابيع والبحيرات، ويضر بالتربة والحياة النباتية، ويعمل على إتلاف المباني والآثار، يعمل المطر الحامضى عند تساقطه على حل المعادن الثقيلة من المركبات التي تشارك في تركيبها في التربة بحيث تصبح معادن حرة طليقة ويتركز بعضاً منها فى مياه الأنهار التى هى المصدر الأساسى لمياه الشرب، ومن ثَم تضر بصحة الإنسان، وبما أن الماء يصبح أكثر حامضية فإنه يتفاعل مع رصاص ونحاس مواسير المياة وبالتإلي يسبب تلوث مياه الشرب، أما تأثير هذا المطر على الإنسان، فإنه ينجم عنه التهابات بالجهاز التنفسي ويتعرض كبار السن بصفة خاصة لنوبات من ضيق التنفس، كما يتلف الغشاء الداخلي للرئة كما تسبب الأمطار الحامضية الربو والنزلات الصدرية وانتفاخ الرئة والإسهال.

ثانياً: المركبات الكيميائية الصلبة والسائلة

١- الرصاص ومركبات الرصاص

يعتبر الرصاص من أكثر المعادن السامة انتشاراً؛ إذ يستعمل هذا العنصر في صناعات كثيرة كتمديدات المياة في المنازل وصناعة البطاريات ومواد الدهان وتضاف مركبات رابع إيثيل الرصاص ورابع ميثيل الرصاص (تترا-إثيل وتترا-ميثيل الرصاص) إلي بترين الوقود لتلطيف حدة الاحتراق في محركات السيارات، ولذلك فلم يَنْأ مكان في العالم عن التلوث بالرصاص. ويتطاير رابع إيثيل الرصاص في الجو، وتختلف كثافته حسب كثافة سير السيارات بالمدن، كما يتطاير من البطاريات ومصانعها كميات كبيرة من هذا الغاز، وفضلا عن ذلك يوجد الرصاص في مياة الشرب ومعلبات المواد الغذائية. ومن أعراض التسمم

بالرصاص الإسهال والإرهاق والأرق والعصبية وعدم انتظام وظيفة خلايا الدم، الأمر الذي يؤدي إلي الهذيان والوفاة.

٢- غبار الأسبستوس

مادة الأسبستوس من المواد السامة المنتشرة كثيراً في حياتنا حيث تستخدم كعازل للصوت، وفي تغليف المواد لتقيها من الحريق، وتصنع منها صفائح عازلة للحرارة، وبتأكُّل هذه المادة يسقط غبارها على الأرض ويتطاير في الهواء ويصل إلي الرئتين عن طريق التنفس فيحدث اضطرابات في الرئة سرعان ما تتحول إلي سرطان الرئة والقصبة الهوائية، وسرطان الرئة المتسبب عن استخدام الأسبستوس يصنف كأحد أمراض المهنة بين عمال المناجم التي يستخرج منها.

٣- الزئبق ومركبات الزئبق

الزئبق من العناصر الثقيلة التي تستخدم في بعض الصناعات مثل صناعة البلاستيك وصناعة المبيدات الفطرية والعشبية، ففي أمريكا قذفت مصانع البلاستيك ألف طن من الزئبق الذي يستعمل في صناعة البلاستيك في بحيرة ميتشجان فقضت على الأحياء بها، وتقدر الفترة اللازمة لهذه البحيرة لاستعادة حياتها الطبيعية خمسمائة سنة شريطة وقف إلقاء السموم في مياهها، والدليل على خطورة الزئبق أن علماء اليابان وجدوا أن عشرين طفلاً ولدوا مشوهين بسبب تناول أمهاتهم السمك المحتوي على الزئبق، والمؤلم أن هذه التشوهات تنتقل بالوراثة.

٤- الكربونات المهدرجة

الكربونات المهدرجة (الهيدروكربونات) Hydrocarbons من أهم المركبات التي تنطلق من الصناعات البتروكيميائية ومصافي البترول، وهي من أهم ملوثات البحار؛ لأنها تشمل مركبات تدوم طويلاً في مياه البحار والمحيطات، وتشكل مع

الزيت وثاني أكسيد الكربون طبقة عازلة تمنع الهواء والضوء عن الكائنات المائية النباتية في المياة، فتتوقف عملية البناء الضوئي بها، كما تسمِّم الكائنات البحرية الحيوانية، ولا يغيب عن الذهن أن كثيراً من الكائنات البحرية تعتبر غذاءً لكائنات وطيور أخرى وهذه الكائنات تتأثير بنضوب غذائها نتيجة هذا التسمم. ذلك فضلاً عن أن الهيدروكربونات تذيب المواد الدهنية بالطيور البحرية فيفقد ريشها صفته العازلة للدهون فتموت الطيور نتيجة البرد، وبالطبع فإن ملوثات المياة تنتقل إلي الإنسان فتسبب له كثيراً من الأضرار.

٥- مبيدات الآفات

مبيدات الآفات Pesticides هي مواد كيميائية تستخدم لقتل الآفات وهي الكائنات الضارة بالإنسان والحيوان والنبات والكائنات الدقيقة، وقد كثر الحديث عن أخطار المبيدات، ولكن الكثيرين من الناس لا يدركون السمية البالغة لهذه المركبات، والمفروض أن المبيد يقتل الآفة التي يستخدم للقضاء عليها فقط، ولكن معظم المبيدات ليست انتقائية في تأثيرها بدرجة عالية، فاستخدام بعض المبيدات بغرض القضاء على حشرة مثل الخنافس التي تصيب الأشجار قد يؤدي إلي قتل الحشرة ولكنه يقتل معها عدداً كبيراً من الحيوانات الأخرى غير المستهدفة. والسبب الرئيسي في قتل الحيوانات هو وصول المبيد الذي لم يتكسر إلي تركيزات مرتفعة، أي أنه يتراكم ويبقى بأجسام هذه الحيوانات التي توجد في قمة شبكة الغذاء.

والمبيدات التي لا تقتل الكائن تضره وهناك أدلة كثيرة تربط بين مادة الـــ ددت (DDT) والفشل في التكاثر لعدة أنواع من الطيور منها الصقور والبجع، وللـــ ددت أكثر من تأثير واحد علي الطيور، ولكن التأثير الهام لهذه

المادة ونواتج تحللها تجعل الطيور تضع بيضاً له قشور رقيقة بحيث لا يتحتمل الاستمرار تحت ظروف الحضانة الطبيعية.

ومن النادر أن تنحصر التأثيرات المباشرة للمبيد على نوع واحد من الكائنات، كما أنه من النادر أن تنحصر التأثيرات الإجمالية على الأنواع التي تضار مباشرة، فانخفاض وفرة أحد الأنواع يؤثر على التجمعات الأخرى من الكائنات عند نفس المستوى الغذائي وأيضا عند مستويات غذائية أخرى، ومن المعروف أن لمعظم الآفات مفترسات تتغذى عليها واستعمال المبيد يقلل عدد المفترسات بالنسبة لفرائسها وبإضافة كمية كبيرة من المبيد يتم قتل المفترسات تماما في حين قد يبقى عدد قليل من الآفة، إذا حدث ذلك يستطيع العدد الباقي من الآفة أن يتزايد دون تعرض المفترسات له، وفي كثير من الحالات أدى استخدام المبيد إلي انخفاض أولي في كثافة الآفة تتبعه زيادة كبيرة في كثافتها.

وتصل المبيدات إلي جسم الإنسان مباشرة نتيجة استخدامه غير الحذر للمبيدات في المنازل وأماكن العمل - للتخلص من الحشرات كالذباب والناموس والصراصير - عن طريق الأنف والفم والجلد، كما أن كمية من هذه المبيدات تتساقط على الأغذية الموجودة بهذه الأماكن وكذلك على الأدوات التي يستخدمها الإنسان، أما المبيدات التي تستخدم في التخلص من آفات النباتات والحيوانات فالها تنتقل إلي هذه الكائنات وتتراكم بأجسامها التي يتغذى عليها الإنسان، وبما أن الإنسان هو احد المستهلكات الثانوية في الشبكة الغذائية فمن السهل وصول المبيدات إليه بتركيزات كبيرة تسبب له كثير من الأضرار، أهمها السرطان وتشوهات الأجنة.

ومن الأمثلة المشهورة على خطورة المبيدات أن الولايات المتحدة الأمريكية أثناء الغزو الأمريكي لفيتنام خلال ستينيات القرن العشرين قامت برش ٦٠ ألف طن من المبيدات العشبية على مساحة مليون ونصف هكتار من غابات فيتنام في مدة

عشر سنوات (١٩٦٢-١٩٧١)، وفضلاً عن تأثير هذه المبيدات في إبادة النباتات والحيوانات وكثير من الناس، فقط نتج عنها تأثير ضار على المورثات (الجينات) في الأماكن التي تم رشها بالمبيدات وفي أماكن أخرى بعيدة **إذ ظهرت في فيتنام منذ العدوان الأمريكي التشوهات التالية:-**

أ- تشقق في سقف الحلق وفي الشفاة.

ب- المنغولية وهي تشوه تكويني يرجع إلي اضطراب (كروموسومي) من مظاهره التخلف العقلي واتساع غير طبيعي في الوجه واضطراب متفاوت في الحركات.

جـ- عدم وجود أطراف أو تشوه في تكوينها.

٦- المضادات الحيوية والمركبات الصيدلانية

المضادات الحيوية Antibiotics التي يتعاطاها الإنسان لعلاجه من كثير من الأمراض الميكروبية، والتي أحدث اكتشافها بواسطة عالم الفطريات البريطاني الشهير ألكسندر فلمنج Alexander Fleming سنة ١٩٢٩ ثورة في عالم الطب؛ إذ ساعدت في مكافحة أمراض كثيرة ناتجة عن الجراثيم الميكروبية، هذه المواد ثبت أخيراً أن لكثير منها تأثيراً سلبياً، وخاصة على تكوين الجنين لذلك تمنع المرأة الحامل من تناول هذه المركبات بل ومن تناول أي دواء دون استشارة طبيب.

وما يقال عن المضادرت الحيوية يقال أيضاً عن مواد أخرى كثيرة من الأدوية والفيتامينات والهرمونات؛ إذ يجب على الإنسان ترشيد استهلاكه منها حتى يقلل من الأضرار الناتجة عنها، ومن الأمثلة المشهورة على أخطار الأدوية أنه في بداية الستينيات من القرن العشرين اكتشف أحد علماء ألمانيا الغربية عقار الثاليددوميد Thalidomide لعلاج القيء أثناء فترة الحمل الأولي، وقد انتشر استعمال هذا الدواء بين الحوامل خلال تلك الستينيات، ولكن ظهرت لاستعماله

نتائج مؤسفة للغاية، فقد أدى إلي ولادة آلاف الأطفال المشوهين والمعوقين معظمهم بدون أطراف يعرفون بأطفال الثاليدوميد.

التلوث بالمواد المشعة

المواد المشعة Radioactive materials هي عناصر أو مركبات تطلق إشعاعات تحدث تأثيرات ضارة عن طريق تأين الخلايا أو عن طريق إضافة أو حذف الكترونات في جزيئاتها، ومن أمثلة إشعاعات التأين أشعة الفا وأشعة بيتا وأشعة جاما، ومن الإشعاعات الضارة أيضا الأشعة السينية والإشعاعات الناتجة عن الانفجارات النووية والإشعاعات الموجودة طبيعياً بالكرة الأرضية كالأشعة فوق البنفسجية والإشعاعات المنطلقة من بعض المواد الموجودة بالقشرة الأرضية.

المخاطر البيولوجية للإشعاعات

أ- إشعاعات التأين

يمكن تقسيم التأثيرات البيولوجية لإشعاعات التأين إلي ثلاث درجات هي:-

١- تأثيرات شديدة وهي تنتج عن التعرض لجرعات عالية من الإشعاعات تؤدي إلي موت نصف الأفراد خلال ساعات أو أيام، أما النصف الآخر الذي يبقى على قيد الحياة فيعاني من بعض الأمراض كفقدان البصر والعقم والسرطان. وتختلف حساسية الكائنات الحية للتعرض الشديد لإشعاعات التأين، فالثدييات من بين الكائنات الأكثر حساسية أما البكتريا فأقل الكائنات حساسية للجرعات الكبيرة من أشعة التأين.

٢- يسبب التعرض المتكرر لمستوى منخفض من الإشعاع بعض الأخطار أهمها زيادة القابلية لمرض السرطان .

٣- يرتبط تأثير تكرار التعرض للأشعة بإنتاج طفرات في الأمشاج الذكرية والأنثوية ويؤدي إلي زيادة نسبة الأطفال الحاملين للطفرات وتقليل خصوبة الأفراد الذين تعرضوا للإشعاعات.

ب- الأشعة السينية

للأشعة السينية المعروفة بأشعة إكس تأثيرات شديدة الخطر على الخلايا وبصفة خاصة عند التعرض لها بصفة متكررة، وتؤثر هذه الأشعة على تكوين الصفات عند الأجنة، ولذلك يمنع تصوير النساء الحوامل بها ويفضل التقليل منها للجميع، وتسبب هذه الأشعة حدوث أنواع متعددة من السرطان عند الأطباء والممرضين الذين يفحصون المرضى بهذه الاشعة.

ج – التفجيرات النووية

من الأمثلة المعروفة لمخاطر التفجيرات النووية ظهور تشوهات عند الأطفال اليابانيين الذين كانت أمهاتهم حوامل بهم سنة ١٩٤٥أثناء إلقاء القنبلة الذرية على هيروشيما وناجازاكي، وأهم هذه التشوهات صغر حجم الرأس، تأخر النمو، ضعف عام في الصحة، التخلف العقلي، ومازال هناك أطفال مشوهون يولدون في اليابان رغم مرور ما يربو علي سبعين عاماً على إلقاء القنبلة الذرية عليها، كما أن سرطان الدم بين سكان هيروشيما وناجازاكي يزيد معدله تسعة أضعاف معدله في سائر أنحاء اليابان، أما الإشعاعات النووية الناتجة عن انفجار مفاعل تشرنوبل بالاتحاد السوفيتي السابق عام ١٩٨٨ فقد تسببت في حدوث تشوهات وحروق وفقدان للبصر والسمع وولادة أطفال مشوهين في المناطق التي تأثرت بالغبار الذري الذي تطاير نتيجة ذلك الإنفجار.

ومن الجدير بالذكر أن التأثيرات الضارة للتفجيرات النووية لا يرجع فقط إلي الأشعة الصادرة عن نواة الذرة، بل أيضا إنطلاق نظائر مشعة في الغبار الذري تبعث إشعاعات لفترات طويلة، وتسبب أضراراً جسيمة للنبات والحيوان والإنسان، والغبار الذري شديد الخطورة، لأنه يترسب مع الكالسيوم في العظام ويتسبب في حدوث سرطان العظام، ومن العناصر المشعة اليود المشع ونصف العمر الزمني له قصير (٨ أيام) ولكن عند دخوله الجسم يتركز في الغدة الدرقية وقد يؤدي إلي سرطان هذه الغدة بعد فترة طويلة، وتشير الإحصائيات أن سقوط المواد المشعة الناتجة عن التفجيرات النووية تسببت في حدوث خمسة آلاف ولادة غير طبيعية في الولايات المتحدة الامريكية و ٨٦ ألف ولادة غير طبيعية في العالم كله حتى سنة ١٩٦٣.

التلوث بالميكروبات والسموم الفطرية

يساعد تلوث الهواء علي انتشار الكثير من الجراثيم التي تسبب الأمراض الوبائية التي تنتشر بسرعة في الوسط البيئي منها الأنفلونزا ومرض الجمرة الخبيثة والطاعون والكوليرا ومرض الجدري والحمى، كما تحدث حالات تسمم للإنسان نتيجة لتأثيرات ضارة للمركبات المتطايرة من الزرنيخ نتيجة للنشاط الميكروبي لبعض الأنواع الفطرية. ومن أهم الأضرار الصحية لتلوث الماء بمخلفات الصرف الصحي التي تحمل العديد من الميكروبات الممرضة مثل بعض الأنواع البكتيرية والفطرية والفيروسية، كما يؤدي تلوث الماء بالكائنات الحية الدقيقة إلي حدوث العديد من الأمراض مثل حمى التيفوئيد والكوليرا وفيروس شلل الأطفال، وكذلك كثير من الطفيليات الحيوانية.

قد يتلوث الغذاء أيضا بالميكروبات الضارة التي تنتقل إليه من الهواء والماء أو نتيجة سوء التخزين؛ إذ تسبب مثل هذه الميكروبات فساد الطعام وتصيب من يتغذي عليه بأمراض معوية خطيرة، وقد يتلوث الغذاء بالسموم الفطرية Aflatoxins وهي نواتج الأيض الثانوية لبعض أنواع الفطريات من أجناس الأسبرجلس *Aspergillus* والبنسيليوم *Penicillium* والفيوزيريم *Fusarium* تفرزها علي أنواع معينة من الأغذية مثل منتجات الألبان والكاكاو والبذور غير الناضجة مثل بذور القطن والفول السوداني وفول الصويا والحبوب ومنتجاتها. والسموم الفطرية شديدة الخطورة فقد تسبب الوفاة للإنسان أو نفوق الحيوانات التي تتغذي علي الحبوب. ومن التأثيرات الخطيرة للسموم الفطرية أنها تسبب السرطان والطفرات.

التأثيرات المتدائبة للملوثات

للملوثات تأثيرات متتدائبة، أي أنها تؤثر بدرجة أكبر عندما تكون مرتبطة فيما بينها عما يكون متوقعاً من تأثيرها الإنفرادي، فمثلاً مادة الملاثيون مبيد غير ضار نسبياً لأنها تتحلل سريعاً ويتم التخلص من مكوناتها المتحللة عن طريق الكبد، ولكن بعض المواد الأخرى تتدخل مع وظيفة الكبد فتزداد بذلك سمية الملاثيون إلي نحو ٥٠ مرة، وحيث أن هناك نحو نصف مليون مادة كيميائية من صنع الانسان تستخدم كمبيدات أو في الدهانات وإضافات للوقود وكذلك في الأطعمة والمواد الطبية فإن التأثيرات المتدائبة تزداد كلما زاد عدد هذه المواد.

ومن المعروف أن كثيرًا من الملوثات تذهب إلي الأنهار والآبار والبحيرات والمحيطات، وبذلك تهدد الكائنات التي تعيش في الماء وتنتقل منها إلي النباتات والحيوانات غير المائية والإنسان، وتلوث الماء يبدأ في الجو حيث تختلط السحب التي يسقط منها المطر بالغازات السامة والإشعاعات الذرية والغبار الذري، وتمثل

مياه المصانع وفضلاتها ٦٠% من الملوثات، كما تشكل مصافي البترول ومخلفات السفن وناقلات البترول من زيوت ومواد محترقة مصدرًا رئيسياً لتلوث مياة البحار، ومن مصادر تلوث المياة أيضا، المنظفات الصناعية التي تنطلق مع ماء الصرف الصحي وتتسرب وتتراكم في المياة الجوفية، كما أن استعمال المبيدات الحشرية في المنازل ومبيدات الآفات ومبيدات الأعشاب والأسمدة الكيميائية لتحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية يسبب تراكم بقايا هذه المركبات في التربة ومنها تنتقل أيضاً إلي المياه الجوفية.

التلوث البيئي مشكلة عالمية

أخذ التلوث البيئي بشكل خاص والمشكلات البيئية المعاصرة الأخرى بشكل عام صفة العالمية حيث أن الملوثات بمختلف أنواعها لا تعترف بحدود سياسية أو إقليمية بل قد تنتقل من أقصى الشمال إلي أقصى الجنوب وقد يظهر التلوث في دولة لا تمارس النشاط الصناعي أو التعديني وذلك نتيجة لانتقال الملوثات من دولة صناعية ذات تلوث عال إلي دولة أخرى، وتسهم الرياح والسحب والتيارات المائية في نقل الملوثات من بلد إلي آخر فالأبخرة والدخان والغازات الناتجة من المصانع التي تنفثها المداخن في غرب أوروبا تنقلها الرياح إلي بلاد نائية وأماكن بعيدة مثل جزيرة جرينلاند والسويد وشمال غرب روسيا، كما تنقل أمواج البحر بقع الزيت التي تتسرب إلي البحر من غرق الناقلات من موقع إلي آخر مهددة بذلك الشواطئ الآمنة والأحياء البحرية بمختلف أجناسها وأنواعها.

ومن المشاكل التي أبرزت عالمية التلوث ما نجم عن احتراق آبار البترول في الكويت خلال حرب الخليج عام ١٩٩١ فلقد تم تدمير وإشعال النيران في ٧٣٢ بئراً من بين ١٠٨٠ بئرا كانت تتركز في المنطقة الشمالية والغربية والجنوبية، وتقدر

كمية النفط المحترق في هذه الآبار بحوالي ٦ مليون برميل يوميا وكان جزء منها يشتعل والجزء الآخر ينبعث من الآبار على شكل نفط خام أدى إلي ظهور ٢٠٠ بحيرة نفطية يتراوح عمقها ما بين ٥-٣٠ سم كما أسقطت قوات التحالف الدولي في الأيام الثلاثة والأربعين من الحرب ما لا يقل عن ٨٨ ألف طن ذخائر ومتفجرات علي العراق. ويتفق علماء البيئة على أن آثار هذه الكارثة لا تقتصر فقط على الكويت أو العراق وحدهما وإنما تعدهما إلي مناطق وبلدان تقع بعيداً عنهما، حيث أفادت التقارير العلمية التي تابعت هذه الظاهرة أن سحب الدخان الأسود الكثيف الناتج عن حرائق النفط في الكويت وصلت حتي السواحل اليونانية الشمالية بعد عبورها البحر المتوسط.

وكانت هناك أمثلة صارخة على الانتهاكات البيئية أثناء صراعات كولومبيا حيث دمرت أنابيب النفط وتم سكب ملايين البراميل من النفط الخام في الأنهار وتلوثت مياة الشرب ومياة الري ونفقت الأسماك والأحياء الأخرى واحترقت مساحات كبيرة من الغابات وتلوث الهواء الجوي، وقدرت قيمة النفط المنسكب في أنهار كولومبيا بحوالي ٢٦ مليون دولار أمريكي، وحيث أن الأضرار البيئية لا تعترف بالحدود الدولية فقد تسلل التلوث النفطي إلي أنهار فنزويلا، وتفرض النظرة العالمية لمشكلة التلوث ضرورة تعاون المجتمع الدولي كله للتصدي لحل هذه المشكلة ووضع حد لها، وفي هذا المجال يقف الإسلام موقفا واضحا حيث يدعو ويحث على ضرورة التعاون من أجل الخير ورفع الضرر.

حماية البيئة من التلوث

يعتقد كثير من المهتمين بالبيئة أن بالإمكان المحافظة عليها وتخليصها من التلوث الموجود بها ومنع تلوثها في المستقبل، وذلك بالعمل المخلص الجاد وتضافر الجهود وأن هذا الأمر يستلزم انضباطاً وتنظيماً وتشريعاً وتمويلاً.

وقد بدأ علماء البيئة الاهتمام بمشكلة التلوث منذ عام ١٩٧١ حين اجتمع ٢٢٠٠ عالم من المهتمين بالبيئة في فرنسا وتمخض مؤتمرهم عن رسالة بعثوا بها إلي السكرتير العام للأمم المتحدة نبهوا فيها إلي ضخامة الأخطار التي تهدد البيئة ومكوناتها وإلي الآلام المخيفة التي تهدد البشرية نتيجة سوء استغلال الإنسان لموارد البيئة والتعدي المستمر عليها وتلويثها. كما أوضح العلماء في رسالتهم أن الأرض وسكانها على مفترق خطر، وأن المشاكل سوف تزداد إذا توانينا عن حلها، وأنه من المؤكد أن الأبحاث التي تتناول حياة الإنسان وبيئته تفوق في أهميتها أبحاث الذرة والفضاء ويجب تعهدها دون إبطاء وبوعي كامل نظراً لأهميتها الملحة، وأنه على الدول الصناعية تولي الأبحاث والإنفاق عليها لإيجاد السبل التي تمكن الإنسان من حماية البيئة نظراً لإمكاناتها المادية ولأنها تعتبر المسئوولة عن انتشار التلوث، على أن يقوم بهذه الأبحاث علماء مؤهلون في بلادهم ويعملون بحرية بعيداً عن القيود والضغوط التي تفرضها السياسات الوطنية.

وقد أشرفت منظمة الأمم المتحدة على مؤتمر لمناقشة مشكلات البيئة، عقد في ستوكهولم عاصمة السويد في شهر يونيو سنة ١٩٧٢ شارك به ألف عالم من ١١٣ دولة، وصدر عن هذا المؤتمر كتاب بعنوان "ليس لنا إلا الأرض" اشترك في تأليفه ٢٢ عالماً متخصصاً، ومن توصيات مؤتمر ستوكهولم أن الإنسانية كل لا يتجزأ وأن الأهمية الأولى في الوقت الراهن يجب أن تكون لحماية البيئة وتحسينها وضرورة إيجاد سياسة عالمية لها والتخطيط لعمل عالمي في هذا المجال وإيجاد

مؤسسات متخصصة تهتم بالبيئة ضمن نطاق الأمم المتحدة. وبعد هذا المؤتمر قامت الأمم المتحدة بنشاطات متعددة في مجال حماية البيئة في أنحاء العالم وتكونت مؤسسات وهيئات بيئية في بلاد كثيرة من العالم، وفي أكتوبر سنة ١٩٧٢ أيضا صدرت عن المسؤولين عن حماية البيئة في الدول الأعضاء بالسوق الأوربية مذكرة تدعو إلي **الاهتمام بالبيئة عن طريق إتباع السبل التالية:-**

١- تجنب أي استثمار للموارد الطبيعية يكون مضرًّا بالبيئة.

٢- تجنب التلوث قبل وقوعه.

٣- تحسين المعرفة البيئية في الدول الأعضاء.

٤- مراعاة المحافظة على البيئة في الاعتبار عند دراسة مشروعات التنمية.

٥- أن تدهور البيئة في بلد يهدد البيئة في بلاد أخرى.

كان من أبرز نتائج وإنجازات مؤتمر ستوكهولم عام ١٩٧٢ إنشاء برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) كدليل على جدية التعاون الدولي لحماية البيئة، ولقد تتابعت المؤتمرات التي تنظمها الأمم المتحدة منذ عام ١٩٧٢ بشأن الاهتمام بالبيئة وصيانتها وحمايتها من التلوث، وأجريت دراسات كثيرة من أجل الكشف عن الملوثات البيئية وسبل التخلص منها، وازداد الاهتمام العالمي والمحلي بمشاكل البيئة، وتم اتخاذ كثير من الإجراءات والتدابير وسن التشريعات والقوانين وعقد الإتفاقيات التي تهدف إلي وقف تلوث البيئة في كثير من الدول والتجمعات الإقليمية، والعمل على تقليل مستوى التلوث المرتفع في بعض المناطق. **ويمكن تلخيص سبل حماية البيئة من التلوث فيما يلي:-**

١- توعية الجمهور بالمواد السامة التي يستخدمها في حياته اليومية، ومنع استخدام العناصر السامة كالرصاص والزئبق والزرنيخ في الصناعات الاستهلاكية،

وإيجاد بدائل لها ومعاقبة المخالفين مع إلزامهم بدفع تعويضات كبيرة للعمال المصابين من جراء عملهم في صناعات تستخدم فيها هذه المواد.

٢- التشديد على المصانع القائمة بعدم تلويث المنطقة المحيطة بها والتقليل من الغازات والجسيمات الصادرة من مداخن المصانع كمخلفات كيميائية بإيجاد طرق إنتاج محكمة الغلق،كما ينصح باستخدام وسائل عديدة لتجميع الجسيمات والغازات مثل استخدام المرسبات الكيميائية ومعدات الاحتراق الخاصة والأبراج واستخدام المرشحا وإلزام المصانع بتركيب مرشحات تحجز الغازات والمواد الملوثة فلا تتصاعد من فوهات مداخنها، وإلزام المخالفين بدفع غرامات كبيرة وعدم الترخيص بإقامة مصانع جديدة أو مناطق سكنية يوجد بها نظام بيئي منتج.

٣- إيقاف التفجيرات النووية وترشيد استخدام المفاعلات الذرية كمصادر للطاقة نظراً لخطورتها الشديدة في حالة تسرب غبار ذري، وعلى ذلك يجب التشديد على الاحتياطات الواجبة لتدارك حدوث مثل هذا التسرب.

٤- تنظيم الطرق بالمدن وتقليل الكثافة المرورية للسيارات بها للحد من كمية المواد الضارة الناتجة عن احتراق الوقود بمحركاتها والكشف الدوري على السيارات المستخدمة واستبعاد التالف منها وإدخال التحسينات والتعديلات في تصميم محركات السيارات لتلافي الإضرار بالبيئة.

٥- ترك مساحات خضراء بالمدن لتساعد على تجديد الأكسجين وتلطيف درجة الحرارة بها والإكثار من زراعة الأشجار في الطرق وإقامة حدائق عامة بالمدن، كما يجب الحرص على نظافة الطرق والشوارع والمنازل والأماكن العامة وتنمية الوعي البيئي والصحي لدى العامة والمراقبة الدائمة للماء والهواء في المناطق السكنية والصناعية.

٦- التقليل من تناول الأغذية المحفوظة وتناول الغذاء الطازج بعد غسله جيداً بالماء الجاري. وترشيد استخدام الدواء وقصر تناوله على الحالات الضرورية بعد استشارة الطبيب، كذلك يجب التقليل من استعمال المنظفات الصناعية التي لا تتحلل إلي مواد غير سامة.

٧- عدم استعمال المبيدات التي لا تتحول في الطبيعة إلي مواد غير سامة، والتي ثبتت مقدرتها على إحداث أضرار بالنباتات والحيوانات والإنسان، والتي تولدت لدى الآفات مناعة لها. وتشديد الرقابة على استيراد المبيدات وبيعها مع ضرورة ذكر وتركيز كل مبيد وخصائصه واتخاذ إجراءات رادعة ضد المخالفين، كما يجب تنظيم استعمال المبيدات من قبل خبراء مدربين وتدريب فنيين اختصاصيين في رش المبيدات ودراسة الحالات الموجبة للرش والتمسك بالاحتياطات الوقائية عند رش المبيدات.

٨- العودة إلي المكافحة البيولوجية للآفات Biocontrol، أي مكافحة الآفات والقضاء عليها بالأعداء الطبيعية من الكائنات التي تتغذى عليها. ومن الضروري الآن العودة إلي اعتماد هذه المفترسات الطبيعية؛ نظراً لأن المبيدات الكيميائية، فضلاً عما تسببه من أضرار للإنسان والبيئة، أصبحت سلاحاً متخلفاً نظراً للمناعة التي تولدت لدى الآفات ضدها.

والواقع أن مواجهة الآفات اتخذت صوراً متعددة ابتداءاً بخيال المآتة وإصدار أصوات مزعجة بالحقول، والنقاوة اليدوية وحفر الخنادق وإشعال النيران بها حتى ظهرت المبيدات الكيميائية والتي بدت عند ظهورها كسلاح فتاك ضد الآفات ولكن الآفات استطاعت تكوين مناعة ضدها وحققت انتصاراً كبيراً في أخطر جولات الحرب بينها وبين الإنسان، وقد أيقن الإنسان أخيراً أن الآفات تكتشف

السلاح المضاد حتى اضطر العلماء إلي التسليم بأن المزيد من جرعات المبيد الكيميائية يقتل الكائنات المفيدة ويتسبب في تدهور البيئة التي يعيش بها، عندئذ ارتفعت الأصوات تحذر من استعمال المزيد من المبيدات الكيميائية وتطالب بإيجاد أسلحة بديلة، وظهرت عشرات البدائل منها تحديد نسل الآفات أو إصابتها بالعقم عن طريق مواد كيميائية تماثل ما تطلقها الحشرات عند نداء الجنس واستخدام البكتريا والفيروسات ضد الآفات.

وحديثاً يمكن استخدام ما يسمي المبيدات الطبيعية النابعة من قدرة جهاز المناعة عند بعض النباتات على مقاومة الحشرات الضارة، وتعرف النباتات التي تطلق مواد قاتلة للحشرات بالنباتات الرادعة ويمكن زراعتها كسياج حاجز للحشرات، **ومنها نذكر الأمثلة التالية:-**

أ- وجد أن نبات الثوم يمنع غزو حشرات التعفن، ونبات إبرة الراعي يمنع الخنافس اليابانية عن زراعات العنب، كما وجد أن بعض نباتات الفصيلة الخيمية كالكزبرة والبقدونس تردع كثيرًا من الحشرات، كما أن زهور الأقحوان الأصفر سامة لكثير من الحشرات والحشائش الضارة.

ب- يمكن استخدام بعض الحشرات المفترسة للقضاء على الآفات التي تغزو المحاصيل؛ فمن المعروف أن الكثير من الحشرات لها أعداء طبيعية تتغذى عليها، وعلى سبيل المثال فإن حشرة الدعسوقة تتغذى على حشرة الكونشنيل التي تعزو أشجار الموالح وتتلفها.

٩- وضع حد الأقصى للضوضاء الناجمة عن السيارات المسموح بتسييرها في شوارع المدن كما هو متبع في بعض الدول المتقدمة، وتطبيق نظام منح شهادة ضوضاء للطائرات الجديدة ومراعاة إنشاء المطارات الجديدة وخاصة للطائرات الأسرع من

الصوت بعيداً عن المدن بمسافة كافية وعدم منح ترخيص للمصانع التي تصدر ضوضاء داخل المناطق السكنية وأن تكون المناطق الصناعية خارج المدن.

١٠- إيجاد وعي بيئي لدى جمهور العامة، وذلك بإظهار مساويء السلوكيات الضارة بالبيئة وفوائد سلوكيات أخرى مفيدة لها، والعمل على إكساب السلوكيات المفيدة للبيئة حتى تصير عادة لديه **ويمكن إيجاد هذا الوعي باتباع الوسائل الآتية:-**

أ- توجيه الشباب نحو الاهتمام باليبئة وتحميلهم معنوياً مسؤولية الحفاظ عليها، وذلك بإشراكهم في زراعة الحدائق العامة والغابات والعناية بها، وتنظيم دورات تدريبية وندوات تثقيفية وإصدار نشرات إرشادية للتعريف بطرق تلوث البيئة وسبل المحافظة عليها.

ب- إيجاد روابط وهيئات ومؤسسات للاهتمام بالبيئة وحمايتها من بين المثقفين والقياديين تهتم بالتوجيه والتوعية والتأليف وإعطاء المشورة البيئية.

ج- إجراء دراسات الجدوي البيئية على مشروعات التنمية قبل إنشائها، بحيث لا يكون لها آثار ضارة بالبيئة مع إلزام المستثمرين بطلب هذه الدراسات عند تنفيذ المشروعات الاستثمارية.

د- الاهتمام بالكتب والدراسات البيئية وتشجيع ودعم الجامعات والمؤسسات العلمية من أجل البحث والتأليف والترجمة في هذا المجال.

ه- الاهتمام الإعلامي بالبيئة لما لوسائل الإعلام من تأثير قوي على التوجيه والإرشاد وتكوين الرأي العام.

و- تشجيع ودعم البحوث التي تتناول أثر الملوثات على الكائنات الحية وتوفير التمويل المستمر من أجل التقييم المستمر لمعدلات التلوث وتطبيق معايير الجودة العالمية علي دراسات الجدوي البيئية.

الفصل السادس

الاحتباس الحراري

مقدمة

على مدار التاريخ الإنساني عرفت الأرض العديد من التغيرات المناخية التي استطاع العلماء تبرير معظمها بأسباب طبيعية، مثل بعض الثورات البركانية أو التقلبات المناخية، إلا أن الزيادة المثيرة في درجة حرارة سطح الأرض على مدار القرن العشرين وخاصة منذ عام ١٩٨٠ لم يستطيع العلماء إرجاعها لأسباب طبيعية؛ وخلال هذه الفترة كان للنشاط الإنساني أثر كبير يجب أخذه في الإعتبار لتفسير هذا الإرتفاع المطرد في درجة حرارة سطح الأرض أو ما يسمى بظاهرة الإحتباس الحراري Global Warming. وسوف نتناول في هذا الفصل هذه الظاهرة من حيث تعريفها والغازات المسببة لها والمشكلات الناجمة عنها وبعض الحلول المقترحة للتغلب عليها.

تعريف الاحتباس الحراري

الاحتباس الحراري هو ارتفاع في معدلات درجة الحرارة عالميا يؤدي إلي تغيرات مناخية وبيئية، ورغم تسارع معدل ارتفاع درجة الحرارة منذ بداية الثورة الصناعية، فقد شاع استخدام هذا التعبير في السنوات الأخيرة بمسميات مختلفة منها ظاهرة الاحتباس الحراري أو التغير المناخي العالمي Global climate change أو تأثير البيوت الخضراء Green house effect ومهما تعددت التسميات لهذه الظاهرة فإن المشكلة واحدة وهي تتعلق بارتفاع نسبة الملوثات من الغازات في الهواء وتأثيرها على حرارة الغلاف الجوي للكرة الأرضية.

مؤشرات الاحتباس الحراري

من الظواهر التي تؤكد ارتفاع درجة حرارة الأرض ما يلي:-

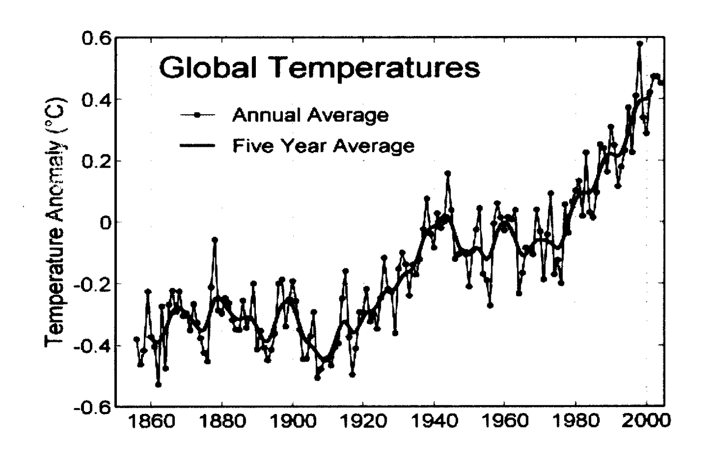
١- ارتفاع درجة حرارة مياة المحيطات خلال الخمسين سنة الأخيرة؛ حيث ارتفعت درجة حرارة الألف متر السطحية من الماء بنسبة ٠,٠٦ درجة مئوية، بينما ارتفعت درجة حرارة الثلاثمائة متر السطحية بنسبة ٠,٣١ درجة، ورغم صغر تلك النسب فإنها عندما تقارن بكمية المياة الموجودة في تلك المحيطات يتضح كم الطاقة المهول الذي تم اختزانه في تلك المحيطات.

٢- تناقص التواجد الثلجي وسمك الثلوج في القطبين المتجمدين خلال العقود الأخيرة؛ فقد أوضحت البيانات التي رصدتها الأقمار الصناعية تناقص الثلج، الذي يبقى طوال العام بنسبة ١٤% ما بين عامي ١٩٧٨ و ١٩٩٨، بينما أوضحت البيانات التي رصدتها الغواصات تناقص سمك الثلج بنسبة ٤٠% خلال الأربعين سنة الأخيرة.

٣- ذوبان الغطاء الثلجي بجزيرة جرين لاند Greenland شمال غرب أوربا عند القطب الشمالي خلال الأعوام القليلة الماضية في الارتفاعات المنخفضة بينما الارتفاعات العليالم تتأثر؛ مما أدى إلي ذوبان أكثر من ٥٠ بليون طن من الثلج في مياة المحيطات كل عام.

٤- طول مدة موسم ذوبان الجليد وتناقص مدة موسم تجمده؛ حيث تقدم موعد موسم ذوبان الجليد بمعدل ٦,٥ أيام /قرن، بينما تقدم موعد موسم تجمده بمعدل ٥,٨ أيام/قرن في الفترة ما بين عامي ١٨٤٦ و١٩٩٦، مما يعني زيادة درجة حرارة الهواء بمعدل ١,٢ درجة مئوية/قرن.

٥- أظهرت قياسات درجة حرارة سطح الأرض منذ منتصف القرن التاسع عشر ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض بشكل مطرد منذ بداية الثمانينيات من القرن العشرين (**شكل ٤-٦**).



شكل ٤-٦: رسم تخطيطي يوضح مقدار التغير في درجة حرارة هواء الأرض منذ منتصف القرن التاسع عشر يوضح ارتفاع متصل لدرجة الحرارة منذ عام ١٩٨٠.

اكتشاف الاحتباس الحراري

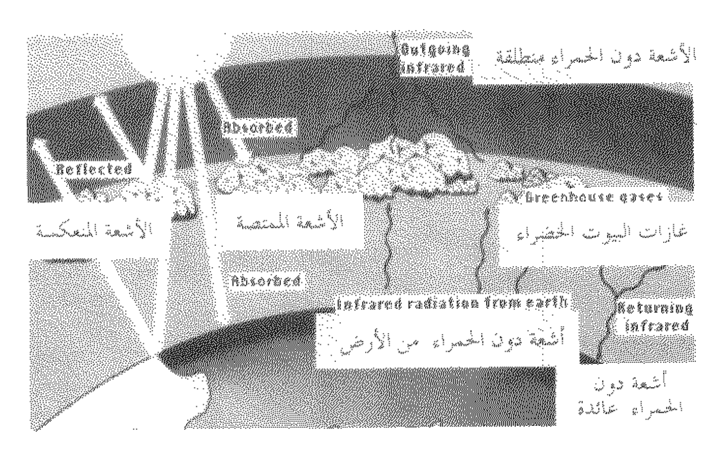
في عام ١٨٩٦ قدم الكيميائي السويدي أرهينيوس Arrhenius نظرية مفادها أن الوقود الأحفوري المحترق سيزيد من كميات غاز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وأنه سيؤدي إلي زيادة درجة حرارة الأرض، إلا أن مصطلح الاحتباس الحراري لم يستخدم إلا في ستينيات القرن العشرين. ولكي نستطيع تصور وتفهم هذه العملية يجب فهم طبيعة الإشعاع الشمسي من حيث علاقته بالحرارة، فالطاقة الشمسية هي عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية Electromagnetic waves تتألف من العديد من الأطوال الموجية منها ما هو محصور في مدى ضيق جداً

كالأشعة المرئية Visible light أما الموجات الأقصر من ذلك فتعرف بالأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet light وما دونها أشعة اكس وأشعة جاما، أما الأشعة الأطول من ذلك فتعرف بالأشعة تحت الحمراء Infrared radiation تعقبها موجات الميكروويف Microwaves ثم الأمواج الراديوية Radio waves.

تمثل الأشعة المرئية جزءً ضئيلاً للغاية من مجموع الأطوال الموجية للإشعاع الكهرومغناطيسي ومن ضمن خصائصها المتميزة أنها ذات قدرة على اختراق طبقات الغلاف الجوي دون مقاومة تذكر، كما تستطيع بنفس الطريقة اختراق زجاج النوافذ للوصول إلي الداخل، بعكس الأشعة تحت الحمراء التي ليس لها القدرة على ذلك وتستمد الأرض حرارتها من الشمس يومياً وتفقد كمية منها متدفقة إلي الفضاء الخارجي مجدداً بما يحفظ لها نوعاً من الاتزان الحراري الذي يعود إليه فضل استمرار الحياة بالصورة التي نعرفها، فمثلا لو افترضنا أن كمية الأشعة التي تسقط على الأرض تساوي ١٠٠ وحدة فإن ٣٠% منها يرتد مرة أخرى للفضاء الخارجي ويمتص ١٩% منها في جو الأرض ويؤدي هذا القدر إلي تسخين الأرض ثم تشع طاقة حرارية نحو الفضاء الخارجي على هيئة موجات إشعاعية طويلة هي الأشعة تحت الحمراء.

ولفهم الأسباب الحقيقية التي تؤدي إلي الاحتباس الحراري يجب علينا أن نعلم أن غازات الهواء تملك تأثيراً حاسماً على حرارة الغلاف الجوي للكرة الأرضية، حيث تقوم بعض تلك الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء بامتصاص الحرارة، مخفضة بذلك كميات الحرارة التي يمكنها الانطلاق إلي الفضاء خارج الغلاف الجوي للكرة الأرضية، وكلما امتص الغلاف الجوي الطاقة الحرارية كلما ارتفعت حرارة المحيطات وسطح الكرة الأرضية بشكل عام، وبناءً على ذلك، فإن غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وبعض الغازات الأخرى يمتلك خاصية

حجز الأشعة تحت الحمراء فيعمل بذلك نفس عمل البيت الزجاجي الذي يسمح بدخول الأشعة الضوئية إلي حيز مغلق، بينما يمنع تسرب الحرارة، ويسمى هذا بفاعلية البيوت الزجاجية الذي بدونه يصبح متوسط حرارة الغلاف الجوي للكرة الأرضية أقل بثلاثين درجة مئوية، مما يجعل الحياة عليها غير ممكنة، فامتصاص الغازات الموجودة في الغلاف الجوي للحرارة المنبعثة كنتائج لاحتراق أية مادة على سطح الأرض يؤدي إلي ارتفاع في درجة الحرارة. وتجدر الإشارة أن تراكم غاز ثاني أكسيد الكربون في كوكب الزهرة يسبب ارتفاع درجة الحرارة إلي حد لا يمكن لأي من الكائنات الحية العيش عندها. ويوجز **شكل ٤-٧** إمكانية حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري بواسطة الإشعاعات المرتدة من الأرض.



شكل ٤-٧: رسم تخطيطي لإمكانية حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري بواسطة الإشعاعات المرتدة بفعل زيادة بعض غازات الغلاف الجوي.

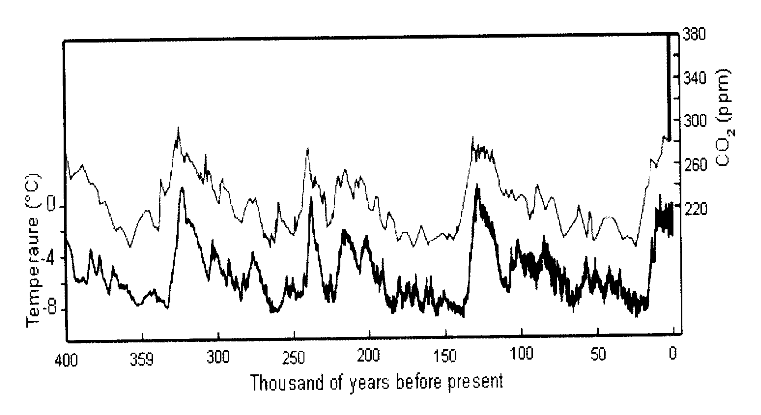
الغازات المسببة للإحتباس الحراري

تقوم الغازات التي تودي إلي ظاهرة الإحتباس الحراري والتي تسمي غازات البيوت الخضراء Green house gases والموجودة في الغلاف الجوي للكرة الأرضية بامتصاص الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من سطح الأرض وتحبسها في الغلاف الجوي الأرضي، وكلما زاد تركيز هذه الغازات في الهواء فإن الإشعاع الشمسي المستقبل عند مستوى الأرض لا ينخفض في حين ينخفض فقد الإشعاع الحراري من اليابسة وسطح المياة إلي الفضاء وتكون النتيجة وجود فائض من الطاقة المتاحة عند مستوى سطح الأرض ومن ثم ترتفع حرارته، ويمكن القول أن غازات البيوت الخضراء تعمل على تدفئة سطح الأرض ورفع درجة حرارتها. ومن الغازات المسببة للإحتباس الحراري ثاني أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء إلا أن الأرصاد قد ربطت بين زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون وبين ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية عبر التاريخ (**شكل ٤-٨**) وسوف نشير ببعض التفصيل إلي **أهم الغازات المسببة للإحتباس الحراري وهي:-**

١- ثاني أكسيد الكربون

ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق الوقود الحفري كالفحم أو البترول أو الغاز الطبيعي وينتج أيضاً من تنفس النباتات والحيوانات وتحللها ومن تخمر المواد السكرية سواءً كان كيميائياً أو بيولوجياً، وهذا الغاز غير سام للأحياء وهو يوجد بنسبة ٠,٠٣٢% في الهواء الجاف غير الملوث، وعليه فهو ينتشر في الفضاء بغزارة ولكن عملية الاتزان البيئي تذيبه في مياة البحار والمحيطات مكونة حمض الكربونيك H_2CO_3 الذي يتفاعل بدوره مع بعض الرواسب مكوناً بيكربونات وكربونات الكالسيوم، وتساهم النباتات أيضاً في استخدام جزء كبير من

غاز ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي، وينطلق الأكسجين الضروري لحياة الكائنات الحية كما تتكون المواد العضوية وهي التي تمثل الإنتاج النباتي علي الأرض، غير أن اجتثاث الغابات أدى إلي زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، ويتوقع الباحثون أن زيادة تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون أو ما يعادله من الغازات المسببة للإحتباس الحراري قد تستمر في المستقبل.



شكل ٤-٨: تسجيل لتغيرات درجة الحرارة **Temperature** وتركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 علي الكرة الأرضية عبر ٤٠٠ ألف عام.

ويعتقد كثير من العلماء أن تركيز ثاني أكسيد الكربون في زيادة مستمرة ولكن بنسب في غاية الضآلة وهذه الزيادة لا تـأثير صحي لها على الإنسان ولا على الأحياء، بل إن التجارب المختبرية قد أثبتت بأن زيادة نسبة هذا الغاز في الهواء من شأنها أن تزيد من الإنتاج الزراعي ولكن الخطر المتوقع لهذه الزيادة يكمن في أن وجوده في الهواء في عموم الغلاف الجوي سيؤدي إلي الإقلال من انتشار الحرارة من جو الكرة الأرضية إلي الفضاء الخارجي مما سيتسبب مستقبلاً في ارتفاع معدلات درجات الحرارة على سطح الأرض.

٢- غاز الميثان

ينتج غاز الميثان CH_4 عن عمليات الاحتراق وتحليل البكتريا للعناصر العضوية وخاصة في مواقع تجميع النفايات ويتزايد تركيزه بمعدل سنوي مقداره ١% تقريباً. وقد أفادت تجربة علمية جديدة أن غاز الميثان المنبعث من قطعان الماشية والأغنام يفوق تأثيره على الاحتباس الحراري غاز CO_2 المنبعث من المصادر الحرارية. ويذكر أن هذه التجربة جاءت في أعقاب الاحتجاجات الدولية العديدة على أمريكا لعدم توقيعها اتفاقية كيوتو التي تنص على خفض حجم الغازات المنبعثة من المزارع الصناعية والتي تملك أمريكا وحدها مساحات شاسعة منها، وعندما ينتقل غاز الميثان إلي الطبقة الركامية (الستراتوسفير) فإنه يتحلل إلي كربون وهيدروجين حيث تتحد ذرات الكربون مع الأكسجين لتكوين غاز ثنائي أكسيد الكربون، أما الهيدروجين فيتحد مع الأكسجين لتكوين بخار الماء، لذا فإن غاز الميثان يتجاوز في قابليته كغاز طبيعي المنشأ قابلية غاز CO_2 بثلاثين مرة لكنه لحسن الحظ أقل تركيزاً في الغلاف الجوي.

٣- غازات أخري

هناك غازات أخرى في الغلاف الجوي يشبه تأثيرها على حث الاحتباس الحراري غاز CO_2 المنبعث من المصادر الحرارية منها بخار الماء وأكسيد النيتروز والغاز الصناعي كلوروفلوروكربون، ذلك بالإضافة إلي غاز جديد صيغته الكيميائية ثلاثي فلور الميثايل خامس فلوريد الكبريت يعده بعض العلماء من الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري.

التأثيرات البيئية للاحتباس الحراري

يتوقع كثير من علماء البيئة أن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون أو ما يعادله من الغازات المسببة للإحتباس الحراري قد يؤدي في منتصف القرن الحادي والعشرين إلي زيادة في معدل درجات الحرارة يصل إلي ٤,٥ درجة مئوية، وهناك من يقدرها بأكثر أو أقل من ذلك أيضاً، ويتوقع لهذه الزيادة تأثيرات بيئية قد تصل إلي حد التدمير الشامل وأولها زيادة في تكرار حدوث الحالات المناخية المتطرفة، أي أيام شديدة الحرارة أو شديدة الجفاف أو حدوث فيضانات مدمرة كما أن عدد الأيام التي ترتفع فيها درجات الحرارة عن الحد الطبيعي ستكون أكثر مما سيؤدي إلي ارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات بمقدار نصف متر إلي مترين **لسببين هما:-**

١- تمدد المياة في المحيطات نتيجة ارتفاع درجة الحرارة.

٢- ذوبان كميات أكبر من الجليد والثلوج في الأنهار الجليدية والأغطية الجليدية على سطح الأرض وبصفة خاصة عند القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

ومن المتوقع أن ارتفاع مستوى سطح البحر قد يؤدي إلي **عدة عواقب بيئية واقتصادية واجتماعية أهمها المخاطر التالية:-**

١- غرق المناطق الحضرية الساحلية

من الدول التي يهددها هذا الدمار المحتمل لظاهرة الاحتباس الحراري: مصر في أفريقيا والهند وبنجلاديش وبعض مناطق الصين في أسيا وإيطاليا وهولندا في أوروبا، على سبيل المثال فإن المناطق الساحلية في مصر تضم حوالي ١٢% من مجمل الأراضي الزراعية في مصر ويقطنها حوالي ٢٥ مليون من السكان، أما في بنجلاديش فيسكن ١١٢ مليون شخص في مناطق ساحلية صغيرة، ومن المتوقع أن

يهدد ارتفاع سطح البحر لمتر واحد فقط ١٥,٧% من سكان تلك المناطق بالغرق الدائم كما يهدد ٢٨,٣% من مساحات الغابات و ١٣,٧% من مجموع الأراضي الزراعية بالغرق.

٢- الهجرة العشوائية للسكان

من المتوقع أن يؤدي غرق المناطق الحضرية الساحلية إلي هجرة عشوائية للسكان، ومثل هذه الهجرة يصاحبها بالتأكيد سكن المهاجرين في مساكن رديئة وغير نظامية واستهلاكهم للغذاء الملوث والمياة غير الصالحة للشرب تحت وطأة الضرورة، مما ينجم عنه احتمال انتشار الأمراض، فضلاً عن انتشار الحالات السلبية الأخرى كالأمراض الاجتماعية والحوادث العرضية وارتفاع نسب الجريمة وغير ذلك.

٣- تدمير الموارد الغذائية والنظم البيئية

قد يؤدي الغرق المحتمل للمناطق الزراعية الساحلية أو للنظم البيئية الرطبة القريبة من شواطئ البحار والمحيطات إلي نقص الموارد الغذائية نتيجة فناء المحاصيل نتيجة غرق تلك المناطق الذي يسبب أيضا تأثيرات سلبية عديدة على البيئة.

٤- اختلال توزيع الثروات المائية

من المتوقع أن يتسبب التغير في درجات الحرارة وما يعقبه من تغير في مستوى سطح البحر إلي الإخلال بتوزيع الثروات البحرية بسبب تغير أنماط الإيض في أجسامها لاسيما وأن تركيز غاز الأكسجين الذائب في المياة يعتمد بدرجة كبيرة على درجة الحرارة، وارتفاع الحرارة من شأنه تخفيض تركيز الأكسجين الذائب في المياة بدرجة كبيرة. كذلك هناك من بين علماء البيئة من يعتقد أن استمرار تدفق غاز ثاني أكسيد الكربون إلي الغلاف الجوي قد يؤدي إلي تزايد هطول الأمطار

الحامضية بما قد يؤدي إلي انخفاض تركيز الرقم الهيدروجيني للمياة يعتبر كافياً للتأثير المباشر على العديد من الأحياء المائية.

٥- تدهور إنتاجية التربة

إن الارتفاع في درجات الحرارة سيؤدي إلي تزايد معدل عملية البناء الضوئي في النباتات وبالتالي عمليات امتصاص المغذيات من التربة بصورة أكثر من تعويضها من خلال عمل المحللات التي تعمل على إعادة المواد العضوية إلي التربة بصورة قابلة للامتصاص من قبل النباتات، مما سيؤدي تدهور إنتاجية التربة.

الجهود الدولية لمواجهة الإحتباس الحراري

لما كانت مشكلة الإحتباس الحراري مشكلة عالمية، فإنها تحتاج دون شك إلي تظافر الجهود الدولية لوضع حلول مناسبة لها، إلا أن العقبة الرئيسية تكمن في نظرة الدول الصناعية الكبرى للمشكلة، ففي الوقت الذي تشير فيه الإحصائيات الدولية أن الدول الصناعية هي المصدر الرئيسي للكميات الهائلة من غاز ثنائي أكسيد الكربون المنبعثة إلي الغلاف الجوي، فإن هذه الدول تقترح معالجات ومقترحات مجحفة بحق دول العالم الثالث تتعلق بضرائب على الوقود أو العمل على تقليص استخداماته مما يعيق التقدم الحضاري في دول العالم الثالث بينما تقوم الدول الصناعية في نفس الوقت الإبقاء على استهلاكها المرتفع من الوقود دون تقديم أي تضحيات مقابل الإلتزامات المطلوبة منها لوضع حلول عادلة للمشكلة.

وتدور الآراء المقترحة لتقليل انبعاث الغازات المسببة للإحتباس الحراري حول تخفيض استهلاك الوقود الأحفوري (الفحم والنفط والغاز الطبيعي) الذي يعمل على إطلاق غاز ثنائي أكسيد الكربون إلي الجو، وهناك إجراءات أخرى للحد من انبعاث الغازات الأخرى مثل الكلوروفلوركربون ضمن الحلول الخاصة

بمشكلة طبقة الأوزون ولكن ليس ثمة إجراءات محددة يمكن القيام بها وفق المعلومات المتاحة حالياً للحد من انبعاث غاز الميثان أيضا باعتباره ثاني أكفأ الغازات المسببة للإحتباس الحراري.

وقد تداولت منظمات الأمم المتحدة للبيئة مشكلة الإحتباس الحراري، إلا أن الوفود المشاركة دأبت علي الانقسام إلي دول الشمال الصناعية وبصفة خاصة الولايات المتحدة الأميركية ودول الجنوب التي تضم ما يسمي الدول النامية، ورغم طغيان الاعتبارات التجارية والاقتصادية على الاعتبارات العلمية، إلا أن إدراك دول أوربا أن الظاهرة ستستمر نتيجة للكميات الهائلة التي تم إنتاجها من الغازات المسببة للإحتباس الحراري على مدار القرنين الماضيين، فإن تخفيض انبعاث تلك الغازات قد يبطئ تأثير هذه الظاهرة.

بروتوكول كيوتو

يعتبر بروتوكول كيوتو اتفاقاً بالغ الأهمية في معالجة مشكلة الإحتباس الحراري، فقد طالب الدول المتقدمة بتقليص كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو، وغيره من الغازات بنسبة تقدر بحوالي ٥% وذلك بحلول عام ٢٠١٠ مقارنة مع مستوياته عام ١٩٩٠، إلا أن مؤتمر بيونيس آيرس عام ١٩٩٨، بهدف المصادقة على خطة عمل لتنفيذ بروتوكولات كيوتو لم يكلل بالنجاح مما دعا أنصار البيئة لوصف بروتوكول كيوتو أنه خطة للإحجام عن العمل لمعالجة مشكلة الإحتباس الحراري، وقد أصدرت هيئة مستشاري تغيرات المناخ التابعة للأمم المتحدة في شنغهاي بالصين عام ٢٠٠١ تحذيراً حول احتمالات زيادة التغيرات المناخية الناتجة عن ظاهرة الاحتباس الحراري بصورة أسرع بكثير من المتوقع، وأعدت تقريرًا يؤكد أن استمرار معدلات انبعاث غازات البيوت الزجاجية وعلى رأسها ثاني أكسيد

الكربون في مستواها الحالي قد يعني كارثة محققة؛ حيث يحتمل زيادة درجة الحرارة بمقدار٤,٥ درجة عن معدلها الحالي مع نهاية القرن الحالي، مما يعني النقص الشديد في موارد المياة العذبة نتيجة لتبخرها وارتفاع مستوى المياة في البحار والمحيطات نتيجة لذوبان الثلج في الأقطاب المتجمدة بمعدل قد يصل إلي مترين؛ مما سيؤدي إلي غرق أجزاء من الدول الساحلية، رغم ذلك تصر الولايات المتحدة الأمريكية على إضافة نسب ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه الغابات إلي معدلات الخفض، وهذا مالم توافق عليه العديد من الدول الأوربية وكذلك غالبية دول آسيا وأفريقيا وأمريكا الجنوبية.

ومع أمل التوصل إلي حلول عملية وجداول زمنية لخفض نسب التلوث الهوائي بالغازات المسببة للاحتباس الحراري قبل فوات الأوان، فإننا نري أن الإجراءات التي ينبغي اتخاذها لخفض نسبة انبعاث هذه الغازات تضم قائمة طويلة من الاقتراحات، **لعل من أهمها التوصيات الملزمة التالية:-**

١- المحافظة على مصادر الطاقة وترشيد استعمال الوقود الحفري.

٢- تعديل المحركات لتحقيق الاحتراق الكامل للوقود.

٣- الحد من عملية قطع الغابات في العالم وتنظيمها.

٤- تشجير مساحات واسعة من الأراضي الجرداء.

٥- إلغاء الدعم الحكومي في الدول الصناعية للوقود الأحفوري.

٦- توعية الناس بالتأثيرات البيئية الضارة لهذه الظاهرة.

٧- مراعاة سلامة البيئة وعدم الإضرار بالمناخ.

٨- استخدام مصادر طاقة بديلة مثل الطاقة النووية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المتولدة من مصبات المياة.

٩- تحويل المواد العضوية في القمامة إلي غاز الميثان وهو العنصر الأساسي للغاز الطبيعي الذي يستخدم كوقود.

١٠- العمل علي الانتقال السريع إلي مرحلة الطاقة غير الضارة بالبيئة (متجددة وفعالة وقليلة الكربون) في جميع أنحاء العالم.

١١- اصدار التشريعات اللازمة لمنع أنشطة الإنسان التي تؤدي إنبعاث غازات المسببة للإحتباس الحراري.

ظاهرة الاحتباس الحراري بين التأييد والمعارضة

ظاهرة الاحتباس الحراري هي ظاهرة طبيعية بدونها قد تصل درجة حرارة سطح الأرض إلي ما بين ١٩ و١٥ درجة مئوية تحت الصفر؛ فالغازات المسببة للإحتباس الحراري ذات شفافية معقولة بالنسبة للإشعاع الشمسي الداخل ولكنها معتمة نسبياً بالنسبة للإشعاع الحراري ذي الموجات الأطول المنعكس من سطح الأرض، وكلما زاد تركيز هذه الغازات في الهواء فإن الإشعاع الشمسي المستقبل عند مستوى الأرض لا ينخفض في حين ينخفض فقد الإشعاع الحراري من اليابسة وسطح المياة إلي الفضاء وتكون النتيجة وجود فائض من الطاقة المتاحة عند مستوى الأرض بما يسبب ارتفاع درجة الحرارة. ورغم تناولنا لظاهرة الاحتباس الحراري باعتبارها إحدي القضايا البيئية المعاصرة، إلا أن بعض المبالغات في تصوير أخطارها واختلاف آراء علماء البيئة حول الأسبات الحقيقية لهذه الظاهرة ومدي تأثيرها والجدل المتواصل حول الحلول المقترحة للتغلب عليها، تجعلنا نشير إلي وجود علماء معارضين لسيناريو الاحتباس الحراري ودور ما يسمي بغازات البيوت الخضراء في رفع درجة حرارة الأرض.

ويُعَد احتمال زيادة درجة الحرارة بما قد يصل إلي٤,٥ درجة مع نهاية القرن الحالي والذي جاء بتقرير هيئة مستشاري البيئة في مؤتمر شنغهاي أعلى بكثير من كل الاحتمالات السابقة لمعدلات زيادة درجة الحرارة على سطح الأرض خاصة أنه تبعًا لآخر الدراسات التي تمت لم يرتفع متوسط درجة الحرارة على سطح الأرض مع نهاية القرن الماضي أكثر من درجة واحدة فقط عن معدلها الطبيعي؛ لذلك أثار هذا التقرير بصورة كبيرة الجدل العلمي الذي لم يُحسَم بعد حول مصداقية حدوث هذه الظاهرة بالصورة التي تصورها الاحتمالات، ومدى التأثير الفعلي لظاهرة الاحتباس الحراري على التغيرات المناخية التي تحدث على سطح هذا الكوكب.

رأي المعارضين لظاهرة الاحتباس الحراري

لا يلقي سيناريو الاحتباس الحراري كما تناولناه في هذا الفصل قبول جل علماء البيئة، إذ أن له معارضون، وهم قلة يقدمون العديد من الأسباب التي تدعو إلي عدم التأكد من أن ظاهرة الاحتباس الحراري هي السبب في ارتفاع درجة الحرارة على سطح الأرض، بل إن منهم من ينفي وجود ارتفاع في درجة الحرارة يدعو إلي البحث؛ ويشير هؤلاء العلماء إلي أن هناك دورات لارتفاع وانخفاض درجة حرارة سطح الأرض عبر التاريخ (**أنظر شكل ٤-٨**) ، ويشير أصحاب هذا الرأي إلي أن بداية الترويج لفكرة وجود ارتفاع في درجة حرارة الأرض، بدأت خلال أربعينات القرن العشرين ولما عاودت درجة حرارة سطح الأرض الإنخفاض بين الخمسينات والسبعينات (**أنظر شكل ٤-٦**)، توقف الحديث عن الظاهرة بل أن البعض في ذلك الوقت بدأ في ترويج فكرة قرب حدوث عصر جليدي جديد، ولما أظهرت القياسات الدورية ارتفاح مطرد في درجة حرارة الأرض منذ ثمانينات

القرن العشرين، بدأ الكلام مرة أخري عن ظاهرة الاحتباس الحراري ودورها في ارتفاع درجة حرارة الأرض.

ويعضد المعارضون لسيناريو الاحتباس الحراري ودوره في ارتفاع درجة حرارة الأرض الآراء التي يطرحونها بإثارة الشك في قدرات برامج الكمبيوتر التي تُستخدَم في الوقت الراهن للتنبؤ باحتمالات التغيرات المناخية المستقبلية في مضاهاة نظام المناخ للكرة الأرضية؛ وذلك لشدة تعقيد المؤثرات التي يخضع لها هذا النظام، كما أن المعرفة العلمية بتداخل تأثير تلك المؤثرات ما زالت ضئيلة مما يصعب معه التنبؤ بالتغيرات المناخية طويلة الأمد.

ويري المعارضون لسيناريو الاحتباس الحراري أن السبب الرئيسي في زيادة درجة حرارة الأرض ليس هو تراكم غازات البيوت الخضراء بل هو رياح شمسية؛ تؤدي بمساعدة المجال المغناطيسي للشمس إلي الحد من كمية الأشعة الكونية التي تخترق الغلاف الجوي للأرض لتنتج جزيئات جديدة تعد النواة لسحب تساعد على تبريد سطح الأرض، وبالتالي فإن وجود هذا النشاط الشمسي يعني نقص السحب التي تساعد على تبريد سطح الأرض وبالتالي ترتفع درجة حرارته، ويرى أصحاب هذا الفكر أنه أكثر منطقية وأبسط تبريراً لارتفاع درجة حرارة الأرض، وأنه عند انخفاض هذا النشاط الشمسي المؤقت ستعود درجة حرارة الأرض إلي طبيعتها.

وسواء كان سبب ارتفاع درجة حرارة الأرض هو الاحتباس الحراري بفعل تراكم غازات البيوت الخضراء؟ أم هي الرياح الشمسية؟ أم لا يوجد ارتفاع غير طبيعي في درجة حرارة الأرض؟، فمن الواضح أن العالم اليوم في حاجة ماسة إلي تنقية هواء الأرض من الغازات السامة.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

١- أبو الفتح، حسين علي (١٩٩١) **علم البيئة**، عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٢- الرشيد، أحمد (١٩٨١) **علم البيئة "مدخل عام"**، معهد الإنماء العربي / فرع لبنان.

٣- بدر، عبدالفتاح وقاسم، عبدالعزيز، (١٩٩٣) **أسس علم البيئة النباتية**، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة، المملكة العربية السعودية.

٤- بدر، عبدالفتاح (٢٠٠٦) **تصنيف النباتات الزهرية**، دار الأندلس للنشر والتوزيع، حائل، المملكة العربية السعودية.

٥- بوران، علياء حاتوغ وأبو دية، محمد حمدان (١٩٩٣) **علم البيئة**، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، المملكة الأردنية.

٦- الخليفة، ناصر صالح (٢٠٠٣) دور التقنية الحيوية فى المحافظة على المصادر الوراثية للنبات، مجلة العلوم والتقنية، العدد ٦٧ ص ١٠-١٤.

٧- الروكة ، محمد خميس (١٩٩٦) **البيئة ومحاور تدهورها وآثارها على صحة الإنسان**، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، جمهورية مصر العربية.

٨- زغلول، سعيد (٢٠٠٣) أهمية المحميات فى المحافظة على التنوع الأحيائي، مجلة العلوم والتقنية، العدد ٦٧ ص ٤-٩.

٩- زهران، محمود عبدالقوي، (١٩٩٥) **أساسيات علم البيئة النباتية وتطبيقاتها**، دار النشر للجامعات المصرية، مكتبة الوفاء، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

١٠- الشاذلي، محمد محمد والمرسي، علي علي (٢٠٠٠) **علم البيئة العام والتنوع البيولوجي**، سلسلة الفكر العربي لمراجع العلوم الأساسية (١١)، دار الفكر العربي، القاهرة جمهورية مصر العربية.

١١- شلبي، محمد نبيل (٢٠٠٣). التنوع الأحيائى الزراعى، مجلة العلوم والتقنية، العدد ٦٧: ص ١٠-١٤.

١٢- شلتوت، كمال حسين (٢٠٠٢) **علم البيئة النباتية**، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

١٣- الشيخ، عبد الله محمد والبسيوني، سعيد زغلول (١٩٨٦) **مقدمة في علم الأحياء للكليات المتوسطة**، وزارة المعارف، المملكة العربية السعودية.

١٤- طلبة، مصطفي (١٩٩٢) **حالة البيئة ١٩٧٢ – ١٩٩٢**، مركز دراسات الوحدة العربية، القاهرة جمهورية مصر العربية.

١٥- عمارة، مصطفى محمود والحسيني، محمد محمد وحنوت، إسماعيل بسيوني (١٩٨٦) **مدخل علوم البيئة** – الجزء الأول – **الإنسان والبيئة**، مطابع شركة الإعلانات المصرية، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

١٦- العودات، محمد عبدو والدعيجي، عبدالله رشيد (١٩٩٢) **مورفولوجيا النبات وتشريحه**. عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

١٧- غرايبة، سامح والفرحان، يحيى (١٩٩٨) **المدخل إلى العلوم البيئية**، الطبعة الثانية دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان ، المملكة الأردنية.

١٨- الغنيمي، علي (١٩٧٨) **محاضرات في علم البيئة النباتية والفلورا**، منشأة الجامعة، طنطا، جمهورية مصر العربية.

١٩- كليفورد نايت (١٩٨٣) **المفاهيم الأساسية لعلم البيئة**، ترجمة قيصر نجيب، طارق محمد وسهيلة الدباغ، وزارة التعليم العالي، الجمهورية العراقية.

٢٠- ماير، إرنست (١٩٩٧) **هذا هو علم البيولوجيا – دراسة فى ماهية الحياة والأحياء**. ترجمة عفيفى محمود عفيفى. عالم المعرفة، دولة الكويت.

٢١- مجاهد، أحمد، أمين، عبدالرحمن ، ويونس، أحمد الباز عبدالعزيز، مصطفى (١٩٩٠) **علم البيئة النباتية**. مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

٢٢- مجاهد، محمد أحمد والعودات ، محمد عبدو، عبد الله ، عبد السلام محمود، الشيخ، عبد الله محمد وباصهي، عبد الله بن يحيى (١٩٨٧) **علم البيئة النباتية**، عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٢٣- مطلق ، ألبير (١٩٩٨) **الانحباس الحراري الجوي**، مكتبة لبنان، بيروت ، لبنان.

٢٤- نشرة المجالس النوعية (١٩٩٤) **التصحر**، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

٢٥- نعمة، هاشم (١٩٩٤) **مشكلة التصحر في الوطن العربي ، أسبابها ، أبعادها ووسائل مكافحتها**، الملتقى الجغرافي الثاني، جامعة قار يونس، بنغازي، الجماهيرية الليبية.

٢٦- وهبي، صالح (٢٠٠١) **قضايا عالمية معاصرة**، الطبعة الأولي، دار الفكر، دمشق، الجمهورية العربية السورية.

٢٧- ويفر، جون وكليمنتس، فردريك (١٩٦٢) **علم البيئة النباتية**، ترجمة أحمد محمد مجاهد وآخرون، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، جمهوريـــة مـــصر العربية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

28- Archibald, O.W. (1995). *Ecology of the World Vegetation.* Chapman & Hall, London, UK.

29- Crawford, D.J. (1990). *Plant molecular systematics, Macromolecular approaches*. John Wiley & Sons, New York, USA.

30- Crawley, M.J., ed. (1986) *Plant Ecology,* Blackwell Scientific Publications, Oxford. London, UK.

31- Etherington, J.R. ed (1978) *Plant Physiological Ecology,* Edward Arnold, London, UK.

32- Faith, D.P. (1995). Phylogenetic pattern and the quantification of organismal biodiversity. In: *Biodiversity Measurement and Estimation.* Haksworth, D.L. ed., Chapman and hall, London, UK.

33- Given, D.R. (1994). *Principles and Practice of Plant Conservation*. Chapman and Hall, London, UK.

34- Grant, V. (1981*). Plant Speciation.* 2nd Edition, Columbia University Press, New York, USA.

35- Greig-Smith, P. ed (1983) *Quantitative Plant Ecology,* 3[rd] Ed. (*Studies in Ecology* series volume 9). Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, UK.

36- Groombridge, B. ed (1992). *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources.* Chapman & Hall, London, UK.

37- Harper, J.I. and Haksworth, D.L. (1995). Preface, In: *Biodiversity Measurement and Estimation.* Haksworth, D.L. ed., Chapman and hall, London, UK.

38- Judd, Walter, S., Campbell, Christopher, S., Kellogg, Elizabeth, A., and Stevens, Peter, F. (1999). *Plant systematics, A phylogenetic approach.* Sinauer Associates Inc. Sunderland, Massachusetts, USA.

39- Kent, M. and Coker, P. (1992). *Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach.* John Wiley and Sons, New York, USA.

40- Kershaw, K.A. and Looney, J.H.H. (1985) *Quantitative and Dynamic Plant Ecology* 3[rd] Ed., Edward Arnold, London.

41- Larcher, W. (1980) *Physiological Plant Ecology*, Springer-Verlag, Berlin, Germany.

42- Remmert, H. (1980) *Ecology*, Springer-Verlag, Berlin, Germany.

43- Roger, P. and Lydon, P. eds. (1996*). Water in the Arab World, Perspectives and Prognosis*. The American University in Cairo Press, Egypt.

44- Simmons, I.G. (1981). *The Ecology of Natural Resources*. 2nd Edition, Edward Arnold, London, UK.

45- Stern, A.C. ed. (1968) *Air Pollution,* Academic Press, New York.

46- Hegazy, Ahmad, (1999). *Environment 2000 and Beyond.* A festschrift for Dr. Mostafa K. Tolba, Prefeced by Klaus Töpfer. UNESCO, ICED and IDRC-CRDI.

47- Whittaker, R.H. (1975). *Communities and Ecosystems*. Mac Millan, New York, USA.

48- Willis, A.J. (1973) *Introduction to Plant Ecology*, George Allen and Unwin Ltd., London, UK.

49- Williams, J. G., Kubelik, Anne R., Livak, Kenneth J., Rafalski, J. Antoni and Tingey, Scott V. (1991). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acid Research 18: 6531-6535.

50- Wilson, M.V. and Shmida, A. (1984). Measuring beta diversity with presence absence data. J. Ecol. 72: 1055 – 1064.

51- Zahran, M. A. (1983). *Introduction to Plant Ecology and Vegetation Types in Saudi Arabia*. King Abdul Aziz University Press, Jeddah, Saudi Arabia.

52- Zahran, M.A. and Willis, A. J. (1992). *The Vegetation of Egypt*, Chapman and Hall, London, UK.

ثالثاً: مواقع فى شبكة المعلومات الدولية

www.biologie.unihamburg.de
www.biodiversity.uno.edu/delta
www.botany.hawaii/faculty
www.csdl.tamu.edu/flora
www.ec.gc.ca
www.feeds.net
www.gefweb.org
www.globalwarmingart.com
www.greenline.com.
www.habtoor.com
www.helsinki.fi/kmus
www.islamOnline.net
www.museums.org.za/bio/plants
www.pau/smith.edu/gail/phytol
www.sonoma.edu/biology
www.unccd.int

دليل المصطلحات والأسماء

A

Abiotic environment	وسط بيئي غير حي
Abrasion	بري
Absintine	أبسنتين
Absolute humidity	رطوبة مطلقة
Absorption	امتصاص
Abundance	وفرة
Abundant	وفير
Abyssal plain	سهل قاعي
Acacia	سنط (سيال) (نبات)
Accidental	عارض
Acer	قبقب (نبات)
Acid rain	مطر حامضي
Activity rate	معدل النشاط
Adsorbed	ممتزة
Aerobes	كائنات هوائية
Aestival aspection	انطباع (مظهر) صيفي
Aflatoxins	سموم فطرية
Agglomerative clustering technique	طريقة المجموعات التجميعية
AFLP	أفلبات
Air	هواء
Algae	طحالب
Alexander Fleming	ألكسندر فلمنج (عالم)
Alexander von Humboldt	ألكسندر فون همبولدت (عالم)
Alhagi	عاقول (نبات)
Allelopathic substances	مواد سامة أو آليلوباثية
Allelopathy	آليلوباثية
Allium	بصل نبات)

Alluvial	تربة غرينية
Aloe	صبار (نبات)
Alphonse de Candolle	الفونس دي كاندول (عالم)
Altitude	ارتفاع (عن سطح البحر)
Ammophila	قصب الرمال (نبات)
Amphibious plants	نباتات برمائية
Amplified fragment length polymorphism	تباين أطوال مقاطع دنا المستنسخة
Anaerobes	كائنات لاهوائية
Andromonoecious	وحيد المسكن طلعي
Analytical	تحليلي
Analytical characteristics	خصائص تحليلية
Androdioecious	ثنائي المسكن طلعي
Anemometer	مقياس الرياح (أنيموميتر)
Animal	حيوان
Animal community	مجتمع حيواني
Animal ecology	بيئة حيوان
Annual	حولي
Annual net production	إنتاج سنوي صافي
Anthocyanine	أنثوسيانين
Anthropological Reserve	محمية حياة تقليدية
Antibiotics	مضادات حيوية
Aquatic	مائية
Aquatic habitat	وسط بيئي مائي
Aquatic plants	نباتات مائية
Archibald	أرشيبالد (عالم)
Arica	خليج (نبات)
Arrhenius	أرهينيوس (عالم)
Artemisia	شيح (نبات)
Artemisia absinthium	شيح مر (نبات)
Arthrocnemum	شناق (شناق)
Artificial ecosystems	نظم بيئية صناعية
Atacama	أتاكاما

Atriplex	قطف (نبات)
Aspection	انطباع (مظهر عام)
Aspergillus	أسبرجلس (فطر)
Asphodelus	بصل العنصل
Assimilation rate	معدل التراكم
Associational community	مجتمع عشائري
Atmosphere	غلاف جوي
Auto-ecology	بيئة ذاتية
Autotroph	ذاتي التغذية
Autumnal aspection	انطباع (مظهر) خريفي
Auxochore	وحدات انتشار مترسبة
Available water	ماء متاح
Avicinia marina	ابن سينا (الشورة) نبات
Avoidance	تجنب
Azotobacter	أزوتو باكتر

B

Bacteria	بكتريا
Bacteriology	علم البكتريا
Bacteria in nodules	بكتريا العقد البكتيرية
Ballochore	وحدات انتشار مقذوفة
Barbour	باربر (عالم)
Barochore	وحدات انتشار ثقيلة
Basal area	مساحة القاعدة
Bawa	باوا (عالم)
Beach	بيتش (عالم)
Belt transect	قطاع حزامي
Benthos	قاعيات
Beta (β) diversity	تنوع بيتا
Biocontrol	مكافحة بيولوجية
Biodiversity	تنوع حيوى
Biogeochemical cycle	دورة بيوجيوكيميائية
Biokilotherms	كائنات متغيرة الحرارة

Biological effects	تأثيرات بيولوجية
Biological spectrum	طيف بيولوجي
Biomass	كتلة حية
Biome	منطقة بيئية أحيائية
Biosphere	محيط حيوي
Biosphere ecology	بيئة المحيط الحيوي
Biosphere reserves	محمية محيط حيوي
Biotechnology	تقنيات حيوية
Biotic	أحيائي
Biotic Community	مجتمع أحيائي
Biotic component	مكون حي
Biotic factors	عوامل أحيائية
Birds	طيور
Bisect	قطاع ثنائي
Bomb colorimeter	مسعر الاحتراق
Botany	علم النبات
Bougainvillea	جهنمية (نبات)
Bound water	ماء مقيد
Brassicas	خردليات
Braun Blanquet	براون بلانكيه (عالم)
Breakage	تكسر
Briggs	برجز (عالم)
Bromus catharticus	بروموس كاثرتيكس (نبات)

C

Calamus	كالامس (نبات)
Calotropis	عشار (نبات)
Calcium	كالسيوم
Capillary water	ماء شعري
Carbon	كربون
Carbon cycle	دورة الكربون
Carbonation	تفحم
Carboxyhemoglobin	كربوكسي هيمجلوبين

Carex	كاركس (نبات)
Carnivores	آكلات اللحوم
Carrying capacity	سعة حملية
Carya	هيكوري (نبات)
Castalia	كاستاليا (نبات)
Cell biology	بيولوجيا الخلية
Centers of Plant Diversity (CPD)	مركز للتنوع النباتي
Ceratophyllum	نخشوش الماء (نبات)
Chamaephytes	نباتات عشبية فوق سطحية
Characteristics	خصائص
Characteristics species	أنواع مميزة
Chart quadrate	مربع مرسوم
Charting	رسم
Chemical erosion	تحات كيميائي
Chestnut	كستناء
Chlorophyll content	محتوي الكلوروفيل
Chloroplast structure	تركيب البلاستيدات
Chloroflurocarbon	كلوروفلوروكربون
Closteridium	كلوستريديم
Cluster analysis	تحليل عددي عنقودي
Clay	طين
Clay loamy soil	تربة طمي طينية
Clay soil	تربة طينية
Clematus	كليماتس (نبات)
Clements	كليمنتس (عالم)
Climatic factors	عوامل مناخية
Climax community	مجتمع الذورة
Climbing plants	نباتات متسلقة
Coarse sand	رمل خشن
Coastal salt marches	مستنقعات ملحية شاطئية
Cold belt	نطاق بارد
Cold region	منطقة باردة
Cold temperate region	منطقة معتدلة باردة

Colluvial soil	تربة طميية
Combined water	ماء متحد (مرتبط)
Competition	منافسة
Combustion	احتراق
Commensalisms	معايشة
Common	شائعة
Community	مجتمع (عشيرة)
Common gene pool	مستودع جينى مشترك
Community change	تغير المجتمع
Community ecology	بيئة المجتمع (العشيرة)
Compensation point	نقطة التعويض
Competition	منافسة
Constance	ثبوت
Constantly present	موجود دائماً
Consumers	كائنات مستهلكة
Continental community	مجتمع قاري
Continental shelf	رصيف قاري
Convolvulus	عليق (نبات)
Cover	غطاء
Cressa	مليح (نبات)
Crimmia	حزاز أسود (نبات)
Crotalaria	كروتالاريا (نبات)
Crown	تاج
Crustose lichens	أشن قشرية (نبات)
Cryptophytes	نباتات مختفية
Cuscuta	حامول (نبات)
Cushion plants	نباتات وسادية (مفترشة)
Cut and weight quadrate	مربع القطع والوزن
Cycle	دورة
Cycling of materials	دورة سريان المواد
Cycling reservoir	مستودع الدوران
Cyclochore	وحدات انتشار ملتفة
Cyperus	سعد (نبات)

Cyperus papyrus	بردي (نبات)
Cystopus candida	فطر سيستوبس كانديدا
Cytology	علم الخلية
Cytoplasmic streaming	حركة دورانية للستيوبلازم

D

Daily rhythm	تواتر يومي
Dansereau	دانسيرو (عالم)
Decay	تحلل
Deciduous forests	غابات متساقطة الأوراق (نفضية)
Decomposers	كائنات محللة
Deformation	نتشوه
Dehydration	نزع الماء
De Martonne	دي مارتون
Dendrogram	شجرة القرابة
Denitrification	نزع النيتروجين
Density	كثافة
Density dependent factors	عوامل معتمدة علي الكثافة
Density independent factors	عوامل لا تتأثر بالكثافة
Desert	صحراء
Desert ephemerals	حوليات صحراوية
Desertification	تصحر
Desiccation	تجفيف
Desmochore	وحدات إنتثار شوكية
Dessication	تجفيف
Determinism	حتمية
Detrital food chain	سلسلة غذائية رمية
Developmental	تطور تكويني
Dew	ندى
Diaspores	وحدات الانتثار
Dioecious	ثنائي المسكن
Directional changes	تغيرات توجيهية
Dispersal types	طرز وحدات الانتثار

Diurnal	يومي
Diversity	تنوع
DNA	الحامض النووي دنا
DNA fingerprinting	بصمات الدنا
DNA marker	دلائل دنا
Dominance	سيادة
Drought	جفاف
Dwarfing	تقزم
Dynamic	دينامي

E

Earth	أرض
Ebony	أبنوس (نبات)
Eichornia	ياسنت الماء (ورد النيل) (نبات)
Ecological efficiency	كفاءة بيئية
Ecological factors	عوامل بيئية
Ecological pyramids	أهرام بيئية
Ecological range	مجال بيئي
Ecology	علم البيئة
Ecotone	منطقة توتر بيئي
Ecosystem (Ecological system)	نظام بيئي
Ecosystem ecology	بيئة النظام البيئي
Ecotype	طراز (نمط) بيئي
Edaphic factors	عوامل التربة
Electromagnetic waves	موجات كهرومغنطيسية
Elevation	ارتفاع
Elodea	إلوديا (نبات)
Emberger	إمبرجير (عالم)
Emigration	هجرة مغادرة (إغتراب)
Endophytes	نباتات تعيش داخل نباتات أخرى
Endotrophic mycorrhiza	فطريات جذرية داخلية
Endozoochores	انتقال عبر الجهاز الهضمي للحيوان
Energy balance	توازن الطاقة

Environment	بيئة (وسط بيئي)
Environmental sciences	علوم بيئية
Eolian soil	تربة ريحية (هوائية)
Ephemerals	حوليات موسمية
Epiphytes	نباتات عالقة
Epizoochores	انتقال عبر الالتصاق بجسم الحيوان
Equator	خط الاستواء
Equatorial lands	أراضي خط الاستواء
Ernst Haekel	إرنست هايكل (عالم)
Erosion	تعرية (تأكل)
Etiolation	شحوب كلوروفيلي
Eucalyptus	كافور (نبات)
Euhalophytes	نباتات ملحية حقيقية
Eutrification	إثراء بيئي
Evaporation	تبخر
Evaporative power	قوة تبخيرية
Evergreen plants	نباتات مستديمة الخضرة
Evenness	انتظام
Exclusive	محددة الولاء
Exosphere	اكسوسفير (حلقة خارجية)
Exotrophic mycorrhiza	فطريات جذرية خارجية
Exposure	تعرض
External dew	ندى خارجي

F

Fabaceae	الفصيلة البقولية
Factors compensation	تعويض تأثير العوامل
Factors interaction	تداخل العوامل
Facultative anaerobes	كائنات دقيقة لاهوائية اختيارية
Facultative halophytes	نباتات ملحية اختيارية
Fagus	زان (نبات)
Fair	متوسط
Feeble	ضعيف

Female	مؤنث
Fenced transect	قطاع معزول
Fertilizer's factory	مصنع سماد
Festuca	فستوكا (نبات)
Fidelity	وفاء (ولاء)
Field capacity	سعة حقلية
Fine sand	رمل ناعم
Fixation	تثبيت
Floating plants	نباتات طافية
Foliose lichens	أشن ورقية
Floating plants	نباتات طافية
Flora	فلورا
Floristic composition	تكوين نباتي
Flow of energy	سريان الطاقة
Fluctuations	تقلبات
Fog	ضباب
Food	غذاء
Food and Agricultural Organization	منظمة الأغذية والزراعة
Food chain	سلسلة غذائية
Food web	شبكة الغذاء
Forest climax stage	طور الغابة الذروى
Fossil fuel	وقود حفري
Fraxinus	مران (نبات)
Free water table	ماء أرضي حر
Freezing point	نقطة التجمد
Freezing point depression	انخفاض نقطة التجمد
Frequency	تردد
Frequency diagram	مخطط التردد
Frequent	متكرر
Fresh water habitat	بيئة المياه العذبة
Fruticose lichens	أشن شجرية
Fuel sulfur	كبريت الوقود
Functional ecology	علم البيئة الوظيفي

Fungi	فطريات
Fusarium	فيوزيريم (فطر)

G

Gas exchange	تبادل غازي
Gene pool	نبع جينى (وراثي)
Genes	جينات (مورثات)
Genetics	وراثة
Genetic erosion	تآكل وراثى (جيني)
Geophytes	نباتات أرضية
Glacial soil	تربة مترسبة عن طريق الثلوج
Glaciers	أنهار جليدية
Gleason	جليسون (عالم)
Global climate change	تغير مناخي عالمي
Global community	مجتمع كوني
Global warming	إحتباس حراري عالمي
Grasses	نجيليات
Grassland	أرض الحشائش
Gravel	حصى
Gravitational water	ماء الجذابية الأرضية
Gravity	جاذبية أرضية
Grazing	رعي
Grazing food chain	سلسلة غذائية رعوية
Green house effect	تأثير البيوت الخضراء
Green house gases	غازات البيوت الخضراء
Greenland	جرين لاند
Groombridge	جرومبريدج
Gross primary production	إنتاج أولي كلي
Growing season	فصل النمو
Growth efficiency	كفاءة النمو
Growth form	مظهر النمو
Guard cells	خلايا حارسة
Gynodioecious	ثنائي المسكن متاعي

Gynomonoecious	وحيد المسكن متاعي

H

Habitat	وسط بيئي
Halocnemum	حطب حضادي (نبات)
Halophytes	نباتات مائية
Halosere	تعاقب في بيئة ملحية
Hard wood forest	غابات الخشب الجاف
Hardy-Weinberg equilibrium	اتزان هاردى- فاينبرج
Harvest method	طريقة جني المحصول (الحصاد)
Heart radiation	إشعاعات حرارية
Height	ارتفاع
Heliophytes	نباتات محبة لضوء الشمس
Hemicryptophytes	نباتات نصف مختفية
Herbivores	أكلات العشب
Herbs	أعشاب
Hermaphrodite	خنثي
Heterotrophs	غير ذاتي التغذية
Heterotrophic bacteria	بكتريا غير ذاتية التغذية
Hibernal aspection	مظهر (انطباع) شتوي
Highly abundant	وفير جدا
Histology	علم الأنسجة
Historical ecology	علم البيئة التاريخي
Holistic viewpoint	فرضية شمولية
Homoetherms	كائنات ثابتة الحرارة
Host	عائل
Hot deserts	صحاري حارة
Hot region	مناطق حارة
Humidity	رطوبة
Humus	دبال
Hydration	تميؤ
Hydric	مائي
Hydrocarbons	كربونات مهدرجة (هيدروكربونات)

Hydrogen	هيدروجين
Hydrological	دورةالماء
Hydrolysis	تحلل مائي
Hydrophytes	نباتات مائية
Hydrological cycle	دورة هيدرولوجية
Hydrolysis	تحلل مائي
Hydrosere	تعاقب في بيئة مائية
Hydrosphere	غلاف مائي
Hygroscopic water	ماء هيجروسكوبي

I

Idaho	إيداهو
Immigration	هجرة قادمة (استيطان)
Importance value	قيمة الأهمية (القيمة الهامة)
Indicator species	أنواع دليلية
Indirectional changes	تغيرات غير توجيهية
Individual organism	نوع واحد من الكائنات الحية
Individualistic viewpoint	فرضية فردية
Infrared radiation	أشعة دون حمراء
Inland salt marches	مستنقعات ملحية داخلية
Insectovores	آكلات الحشرات
Interaction unit	وحدة تفاعل
Internal dew	ندى داخلي
International Union for Conservation of Nature (IUCN)	الإتحاد العالمي لصون الطبيعة
Indifferent	حيادي
Inter-specific association	ترابط بين الأنواع
Introduced species	أنواع وافدة
Invader	غازي
Ionosphere	أيونوسفير (حلقة أيونية)
Isozymes	نظائر إنزيمية (أيزوزيمات)
Iterative sorting	فرز تكراري

JKL

Jaccard's coefficient	معامل جاكارد
Juncus	سمار (أسل) (نبات)
Kalahari	كالاهاري
Koppen	كوبن (عالم)
Larcher	لارشر (عالم)
Lathyrus	بسلة الزهور (نبات)
Latitude	خط عرض
Lavender	لافندر (نبات)
Leibig	لايبيج (عالم)
Lemnaceae	فصيلة عدس الماء
Life form	طرز الحياة
Lianas	نباتات متسلقة
Lichens	أشن (نبات)
Light	ضوء
Light saturation	تشبع ضوئي
Lightning	برق
Limestone	حجر جيري
Limiting factors	عوامل محددة
Limits of tolerance	حدود التحمل
List count quadrate	مربع القائمة العددية
Lithosere	تعاقب على صخر جاف
Littoral) salt marches	مستنقعات ملحية شاطئية
Litter	ركام
Loamy soil	تربة صفراء
Local populations	جماعات محلية
Long day plants	نباتات النهار الطويل
Loranthus curviflorus	هدال (نبات)

M

Macromolecules	جزيئات كبيرة
Magnolia	مانوليا (نبات)
Mahogany	ماهوجني (نبات)

Male	مذكر
Man and Biosphere	**الإنسان والمحيط الحيوي**
Managed Nature Reserve	محمية طبيعية غير محضة
Marine habitat	بيئة بحرية
Maximum	قصوي
Maximum temperature	درجة حرارة عظمى
Meadow grasses	حشائش المروج
Mechanism of stomatal regulation	آلية تنظيم
Medicago	برسيم حجازي (نبات)
Mentha	نعناع (نبات)
Meristematic parts	أجزاء تجديدية
Mesic	وسطي
Mesosphere	ميزوسفير (حلقة وسطية)
Mesophytes	نباتات وسطية
Microclimate	مناخ دقيق (موضعي)
Microhabitat	موطن دقيق
Microorganisms	كائنات دقيقة
Microstands	مجموعات دقيقة
Microwaves	موجات الميكروويف
Miller	ميللر (عالم)
Mineral material	مواد معدنية
Mineral particles	جسيمات معدنية
Minimal area	مساحات صغرى
Minimum	دنيا (صغري)
Minimum temperature	درجة حرارة صغرى
Mining	تعدين
Molecular biology	بيولوجيا جزيئية
Molecular markers	دلائل جزيئية
Molecular measures	قياسات جزيئية
Monoecious	وحيد المسكن
Morphology	شكل ظاهري
Mortality	معدلات الوفاة
Mosses	حزازيات

Mostly present	موجود غالباً
Multiple use Managed Reserve	محمية موارد متعددة الأغراض
Mutualism	تقايض (مبادلة)
Mycorrhiza	فطريات جذرية
Mycology	علم الفطريات
Myriophyllum	ميريوفيللم

N

Natality	معدلات الولادة
National park	حديقة وطنية
Native species	نباتات محلية متوطنة
Natural ecosystems	نظم بيئية طبيعية
Natural reserve	محمية طبيعية
Natural monument	أثر قومي طبيعي
Natural resources	مصادر طبيعية
Negative energy balance	ميزان طاقة سالب
Nektons	سابحات
Nepenthes	القدر (نبنثيس) (نبات)
Net community production	إنتاج صافي للمجتمع
Net ecosystem production	إنتاجية النظام البيئي الصافية
Net primary production	إنتاج أولي صافي
Nitrate bacteria	بكتريا النترات
Nitrite bacteria	بكتريا النيتريتات
Nitrobacter	نيتروباكتر (بكتريا)
Nitrogen	نيتروجين
Nitrogen fixation	تثبيت النتروجين
Nitrogen fixing bacteria	بكتريا تثبيت النتروجين
Non renewable resources	موارد غير متجددة
Non-available water	ماء غير متاح
Nutrient cycling	دورة العناصر
Nutrient depletion	تناقص المغذيات
Nymphaea	بشنين (نبات)

O

Oak	بلوط (نبات)
Occasional	
Oceanic community	مجتمع محيطي
Often present	شائع الوجود
Ökologie	علم البيئة بالألمانية
Olive	زيتون (نبات)
Omnivores	كائنات قارتة
Optimum	مثلي
Optimum temperature	درجة الحرارة المثلى
Opuntia	تين شوكي (نبات)
Orchidaceae	الفصيلة السحلبية
Orchid	أرشيد (نبات)
Organic	عضوي
Organic matter	مادة عضوية
Organism	كائن حي
Orobanche	هالوك (نبات)
Osmotic pressure	ضغط أسموزي
Osmotic potential	ضغط أسموزي
Overpopulation	تضخم سكاني
Oxidation	تأكسد (أكسدة)
Oxygen	أكسجين
Ozone layer	طبقة الأوزون
Ozone depletion	تاكل طبقة الأوزون

P

Palatable	مستساغة
Pampas	بامباس
Pancratium	بنكريشيام (نبات)
Parasite	طفيل
Parasitism	تطفل
Parent rock	الصخرة الأم
Partial random sampling	توزيع شبه عشوائي

Pattern	نسق
Pedosphere	قشرة أرضية
Pegamum	حَرْمَل (نبات)
Pelagic zone	منطقة أوقيانوسية
Penicillium	بنسيليوم (فطر)
Perennial	معمرة
Periodical changes	تغيرات دورية
Periodicity	موسمية
Permanent wilting	ذبول دائم
Permanent quadrate	مربع مستديم
Peruvian	بيروفيان
Pesticides	مبيدات آفات
Peter Haggett	بيتر هاجيت
Pterochore	وحدات تكاثر جناحية
Phanerophytes	نباتات ظاهرة
Phenology	ظواهر شكلية (فينولوجيا)
Phenotypic form	مظهر عام
Phosphorous	فوسفور
Photographic charts	خرائط فوتوغرافية
Photographic method	طريقة التصوير الفوتوغرافي
Photolysis	تكسير ضوئي
Photoperiodism	تواقت ضوئي
Photosynthesis	بناء ضوئي
Phototropism	انتحاء ضوئي
Phragmites	غاب (نبات)
Phycology	علم الطحالب
Phylogenetic measures	قياسات تطورية
Physical	فيزيائي
Physical erosion	تآكل فيزيائي
Physical environment	وسط طبيعي
Physiognomy	مظهر عام
Physiographic factors	عوامل التضاريس

Physiology	علم وظائف الأعضاء
Phytoedaphons	نباتات دقيقة تعيش
Phytogeography	جغرافيا نباتية
Phytoplanktons	عوالق مائية
Pinus	صنوبر (نبات)
Pioneer community	مجتمع رائد
Planktons	هوائم (عوالق)
Plant	نبات
Plant ecology	بيئة نباتية
Plantago	لسان الحمل (نبات)
Plant community	مجتمع نباتي
Plant eaters	آكلات النبات
Plant Synecology	ببيئة المجتمعات النباتية
Poa	بوا (نبات)
Poaceae	الفصيلة البواسية (النجيلية)
Pogonochore	وحدات تكاثر شعرية
Point of light saturation	نقطة التشبع الضوئي
Polar belts	نطاقات قطبية
Pollination	تلقيح
Pollution	تلوث
Polyoecious	عديد المسكن
Polygonum	بوليجونم (نبات)
Polytrichum	بويتريكم (نبات)
Pool	مستودع
Population	تجمع
Population ecology	بيئة اجتماعية (بيئة الجماعات)
Populus	حور (نبات)
Positive energy balance	ميزان طاقة موجب
Possibilism	إمكانية
Potamogeton	لسان البحر (نبات)
Prairies	براري
Precipitation	ترسيب
Predators	مفترسات (كائنات مفترسة)

Preferential	تفضيلي
Presence (Constance)	وجود (ثبوت)
Prevernal aspection	انطباع ربيعي مبكر
Primary	أولي
Primary consumers	مستهلكات أولية
Primary productivity	إنتاجية إبتدائية
Primary succession	تعاقب أولي
Probabilism	إحتمالية
Producers	كائنات منتجة
Production	إنتاج
Productivity	إنتاجية
Productivity of plants	إنتاجية النباتات
Protected Landscape	محمية مشاهد جمالية
Proteins	بروتينات
Psammosere	تعاقب في منطقة رملية
Puccinia graminis	فطر صدأ القمح
Pulses	نبضات
Pyramids of biomass	أهرام الكتلة الحية
Pyramids of numbers	أهرام عددية

QR

Qualitative characters	صفات كيفية
Quantitative characters	صفات كمية
Quadrate method	طريقة المربعات
Quasi organism	شبيه كائن
Querecus	بلوط (نبات)
Radio waves	أمواج راديوية
Random amplified polymorphic DNA	مضاعفة عشوائية لمقـــاطع دنـــا المتباينة
Random sampling	توزيع عشوائي
RAPD	رابد
Radioactive materials	مواد مشعة
Rainfall	مطر

Ranunculus aquatilis	شقيق الماء
Rare	نادر
Rarely present	نادر الوجود
Raunkier	راونكير (عالم)
Reduction	اختزال
Regional community	مجتمع إقليمي
Regular sampling	توزيع منتظم
Relative concentration of dominance	تركيز سيادي نسبي
Relative density	كثافة نسبية
Relative density	سيادة نسبية
Retama	رتم (نبات)
Relative humidity	رطوبة نسبية
Relative dominance	تردد نسبي
Renewable resources	موارد متجددة
Reservoir pool	مستودع التخزين
Residual soil	تربة ثابتة
Resources Reserve	محمية موارد طبيعية
Respiration	تنفس
Restriction fragment length polymorphism	تباين فى أطوال مقاطع دنا
RFLP	رفلبات
Rhizobium	ريزوبيم (بكتريا)
Rosa	ورد (نبات)
Running mean method	طريقة المتوسط الجاري
Running water	مياة جارية
Runoff	إنسياب

S

Salix	صفصاف (نبات)
Salsola kali	سلصويا كيلي (نبات)
Salt cumulative halophytes	نباتات مختزنة للأملاح
Salt exclusive halophytes	نباتات تقوم باستبعاد الأملاح
Salt excretive halophytes	نباتات طاردة للأملاح
Salt spray	رذاذ ملحي

Sand	رمل
Sandy loamy soil	تربة طمي رملية
Sandy soil	تربة رملية
Saprophytes	كائنات مترممة
Sarochore	وحدات انتثار شحمية
Saturation capacity	سعة التشبع
Saturation deficit	نقص التشبع
Saturation point	نقطة التشبع
Savanna	سافانا
Scavengers	كائنات كناسة (أكلات الجثث)
Sciophytes	نباتات محبة للظل
Sclerochore	وحدات انتثار صلبة
Scrophulariaceae	فصيلة حنك السبع
Seasonal	موسمي
Seasonal rhythm	تواتر موسمي
Secondary consumers	مستهلكات من الدرجة الثانية
Secondary productivity	إنتاجية ثانوية
Secondary succession	تعاقب ثانوي
Seldom present	قليل الوجود
Selection	إنتخاب
Selective	إنتخابي
Semi-Desert	شبه صحراء
Severe drought	جفاف الشديد
Sex forms	طرز الجنس
Shade tolerance	تحمل الظل
Shanon-Wiener coefficient	معامل شانون – فينر
Shelford's law of tolerance	قانون شيلفورد للتحمل
Short day plants	نباتات النهار القصير
Shrubs	شجيرات
Silt	طمي
Similarity coefficient	معاملات التشابه
Sinapis arvensis	خردل (نبات)
Slope	انحدار

Smith	سميث (عالم)
Smog	طبخن
Smoke	دخان
Sociability	ترابط
Soft wood forests	غابات الأشجار الرخوة
Soil	تربة (أراض)
Soil aeriation	تهوية التربة
Soil bacteria	بكتريا التربة
Soil fertility	خصوبة التربة
Soil formation	تكوين التربة
Soil gases	غازات التربة
Soil origin	منشأة التربة
Soil profile	مقطع التربة
Soil solution	محلول التربة
Soil texture	قوام التربة
Soil water	ماء التربة
Sørensen's coefficient	معامل سورنسون
Sori	سوريدات
Spares	نادرة جداً
Spartium	وزال (نبات)
Species	نوع
Species ecology	بيئة النوع
Species richness	غني نوعي
Species turnover	عائد نوعي
Spectroscope	مطياف
Spores	أبواغ (جراثيم)
Sporochore	وحدات تكاثر بوغية
Sporovibrio	نوع من بكتريا الإختزال
Stable community	مجتمع مستقر
Standing crop	محصول قائم
Static	أستاتي
Steady state	حالة ثبات
Steppe	استبس

Stipa	صمعاء (نبات)
Stomata	ثغور
Strange	غريبة
Stratification	طبقية
Stratosphere	ستراتوسفير (حلقة ركامية)
Strict Nature Reserve	محمية طبيعية محضة
Suaeda	سويدة (نبات)
Submerged plants	نباتات مغمورة
Subtropical belt	نطاق شبه مداري
Succession	تعاقب
Succession series	سلسلة التعاقب
Succulent plants	نباتات عصارية
Suess	سويس (عالم)
Sulfur	كبريت
Supplementary food chain	سلاسل غذائية مساندة (إضافية)
Swamp plants	مستنقعات قصبية
Symbiosis	تكافل (تقايض)
Symbiotic	تكافلي
Synecology	بيئة اجتماعية
Synthetic	تركيبي
Synthetic characteristics	خصائص تركيبية
Systematic viewpoint	فرضية تصنيفية

T

Taiga	تيجا (مناطق التيجا)
Tamarix	أثل (نبات)
Tansely	تانسلي (عالم)
Taxic measures	قياس الوحدات التصنيفية
Taxonomic position	وضع تصنيفي
Temperate belt	نطاق معتدل
Temperate continental region	منطقة قارية معتدلة
Temperate deciduous forests	غابات معتدلة متساقطة الأوراق
Temperature	حرارة

Temperature stress	إجهاد حراري
Terrestial habitat	وسط بيئية يابس
Terrestial radiation	إشعاع أرضي
Thalidomide	ثاليددوميد
Thermoperiodism	تواقت حراري
Thermosphere	ثيرموسفير (طبقة حرارية)
Therophytes	حوليات نباتية
Thiobacillus	ثيوباسيلس (بكتريا أكسدة الكبريت)
Thymelaea hirsuta	المثنان (نبات)
Tilia	زيزفون (نبات)
Tolerance	تأقلم (تواؤم)
Tortula	تورتولا (نبات)
Total stored energy	طاقة كلية مختزنة
Toxic materials	مواد سامة
Transect	قطاع
Transect method	طريقة القطاع
Transmission	مرور (عبور)
Transpiration	نتح
Transported soil	تربة منقولة
Tribulus terrestris	ضريسة (نبات)
Trifolium pratense	نفل (نبات)
Trimonoecious	وحيد المسكن ثلاثي
Trioecious	ثلاثي المسكن
Trophic level	مستوى غذائي
Trophic structure	تركيب غذائي
Tropical belt	نطاق مداري
Tropical continental region	منطقة استوائية قارية
Tropical maritime regions	مناطق استوائية ساحلية
Tropical monsoon region	منطقة استوائية ذات رياح موسمية
Tropical rain forest	غابات استوائية مطيرة
Troposphere	تروبوسفير (حلقة سفلية)
Tundra	تندرا (مناطق التندرا)
Typha	دبس (بوط) (نبات)

UV

Ultraviolet radiation	أشعة فوت البنفسجية
Underground water	ماء أرضي (مياة جوفية)
Unisexual	وحيد الجنس
United Nations Environment Program	برنامج الأمم المتحدة للبيئية
Unpalatable	غير مستساغة
Invisible	غير مرئي
Utilization efficiency	كفاءة الاستهلاك
Vaccinum	فاكسينوم (نبات)
Vanilla	فانيلا (نبات)
Vascular plants	نباتات وعائية
Vavilov	فافيلوف (عالم)
Vectors	نواقل
Vegetation	كساء خضري
Verbascum	فيرباسكم (نبات)
Vernadesky	فرنادسكي (عالم)
Vernal aspection	انطباع (مظهر) ربيعي
Vernalization	ارتباع
Very dominant	سائد جدا
Vigor	قوة
Virology	علم الفيروسات
Very cold region	منطقة شديدة البرودة
Viscum album	دبق (نبات)
Visible light	ضوء مرئي
Vitality	حيوية
Vitis	عنب (نبات)
Volcanoes	براكين
Volume	حجم
Vos	فوس (عالم)

WXYZ

Warm temperate region	منطقة معتدلة دافئة

Water	ماء
Water holding capacity	سعة مائية
Water relationships	علاقات مائية
Weathering	تجوية
World-Wide Life Fund	الصندوق العالمي للحياة
Wastes	نفايات
Water potential	جهد مائي
Water content	محتوي مائي
Water relationships	علاقات مائية
Wavelength	طول الموجة
Weather	طقس
Weathering	تجوية (تعرية)
Williams	وليامز (عالم)
Wilting coefficient	معامل الذبول
Wind	رياح
World Heritage Site	محمية تراث عالمي
Zabeau	زابو (عالم)
Xeric	جفافي
Xerophytes	نباتات جفافية
Xerosere	تعاقب في وسط جاف (جفافي)
Zooplanktons	هائمات حيوانية
Zygophyllum	رطريط (نبات)

المحتويــات

الموضوع	الصفحة

الموضوع **الصفحــة**

البـــاب الثاني : بيئة المجتمعات والجماعات النباتية

الموضوع	الصفحـــة

الموضوع	الصفحـــة

الموضوع | الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع | الصفحة

الباب الرابع: موضوعات علم البيئة التطبيقية المعاصرة

الموضوع	الصفحـــة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

المؤلف فى سطور

أستاذ دكتور عبدالفتاح بدر محمد بدر

- من مواليد المنوفية بجمهورية مصر العربية عام ١٩٥٠م
- بكالوريوس العلوم من جامعة أسيوط – مصر عام ١٩٧٢م
- دكتوراة فى الوراثة من جامعة شيفيلد - بريطانيا عام ١٩٧٧م
- أستاذ بكلية العلوم جامعة طنطا – مصر منذ عام ١٩٨٦م
- زميل مؤسسة ألكسندر فون همبولدت الألمانية منذ عام ١٩٩٠م
- حصل على جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم البيولوجية عام ١٩٩٦م
- حصل على منحة هيئة الفولبرايت الأمريكية عام ٢٠٠١م
- سافر كأستاذ زائر لجامعات فى بريطانيا والمانيا والولايات المتحدة الأمريكية
- عمل رئيسا لقسم النبات بكلية العلوم جامعة طنطا من ١٩٩٦-٢٠٠٢م
- عمل أستاذا بجامعة الملك عبدالعزيز فرع المدينة من ١٩٨٤ حتى ١٩٩٠م
- يعمل بكليات المعلمين بالمملكة العربية السعودية منذ عام ٢٠٠٢م
- شارك فى لجان ترقية أعضاء هيئة التدريس بالجامعات المصرية
- شارك فى لجان تطوير مناهج العلوم بالتعليم العام فى مصر
- شارك فى عدة لجان بأكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا فى مصر
- شارك فى أكثر من ٣٠ مؤتمر علمى فى مصر وعدد من الدول الأخرى
- شارك كمحاضر فى عدة دورات علمية فى مجال الوراثة وتصنيف النبات
- شارك بكثير من المقالات والمحاضرات العلمية الثقافية
- أشرف على ٤٠ رسالة علمية للماجستير والدكتوراة فى عدة جامعات مصرية
- له أكثر من ٨٥ بحث منشور فى مجال الوراثة وتصنيف النبات
- له عدة مؤلفات جامعية فى مجالات علم الوراثة وعلم النبات
- عضو فى عدة جمعيات علمية فى مصر والخارج